

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

**Dlouhodobé vlastnosti kamene v gabionových
konstrukcích**

Long-term properties of stone in gabion structures

Student:

Bc. Petr Dočkal, DiS.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Hynek Lahuta

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Dočkal, DiS.**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T035 Geotechnika
Téma: **Dlouhodobé vlastnosti kamene v gabionových konstrukcích**
Long-term Properties of Stone in Gabion Structures

Zásady pro vypracování:

1. Úvod (předtím abstrakt (česky, anglicky), definice řešené problematiky)
2. Gabionové konstrukce jako konstrukční prvek - vývoj, jejich specifika ve srovnání s ostatními konstrukcemi, hlavní parametry pro správnou funkčnost, způsoby navrhování a posouzení
3. Volba výplně gabionových košů – vlastnosti materiálů kamene a jejich změna v čase (např. odolnost proti zmrazování a rozmrazování, nasákavost, petrografický typ, geometrie uložení, kontrolní zkoušky kamene apod.), možné výpočetní modely a jejich vliv na stabilitu konstrukce se změnou vlastností
4. Vyhodnocení dosažených výsledků
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN EN 1997-2 : 2008. *Eurokód 7 - Navrhování geotechnických konstrukcí – část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 152 s.
- [2] ZEDNÍK, P. *Doporučení pro využívání gabionových konstrukcí v dopravním stavitelství*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2005.
- [3] SIEGESMUND, S. (ed.): *Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies*. London: Geological Society London, 2003, 496 p.
- [4] *Small dams and weirs in earth and gabion materials*. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2001. 179 p.
- [5] *TKP 30 Speciální zemní konstrukce*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2010. 38 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Hynek Lahuta**

Datum zadání: 27.02.2015

Datum odevzdání: 30.11.2015

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce doc. Dr. Ing. Hynkem Lahutou a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..26.11.2015.....

.....*2015*.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu

s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě26.11.2015.....

.....*2015*.....
Podpis studenta

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Doc. Dr. Ing. Hynku Lahutovi, také svému externímu konzultantovi Doc. RNDr. Františkovi Krestovi, Ph.D, Ing. Petře Doné a zaměstnancům VŠB za odborné vedení, cenné rady, vstřícnost a všestrannou pomoc, které mi byly v průběhu poskytnuty.

Také bych touto cestou rád poděkoval celé své rodině, přátelům, kolegům a všem blízkým za podporu, kterou mi věnovali během celého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá dlouhodobými vlastnostmi kamene, který se používá při výstavbě gabionových konstrukcích. Práce je rozdělena do několika částí. Na začátku diplomové práce je uvedeno obecné seznámení s gabionovými konstrukcemi. V další části se práce zaměřuje na kámen použitý do gabionů a na laboratorní zkoušky provedené na kamenu, který byl použitý při výstavbě vybraných gabionových konstrukcí. Závěrem se tato práce zabývá výpočetními modely a dosaženými výsledky. Cílem diplomové práce je ukázat, že nevhodný kámen použitý během výstavby, špatná technologie výstavby vede k deformacím gabionů.

Klíčová slova: Gabionové konstrukce, dlouhodobé vlastnosti kamene, kontrolní zkoušky kamene

Abstract

This thesis is dealing with long-term properties of stone which is used for a gabion construction. There are a few parts of my thesis. There is a general explanation of gabion construction at the beginning of my thesis. The next part of my thesis is focused on stone used to make gabions and on laboratory tests of stone which was used during a construction of gabions. In the end, there is a part concerning on numerical models and summary of results. The aim of my thesis is to show that an inappropriate material used during the construction and a wrong technology of the construction lead to structure deformations.

Key words: Gabion structures, Long-term properties of stone, control tests Stone

Obsah diplomové práce:

1.	Úvod	1
2.	Gabionové konstrukce jako konstrukční prvek	2
2.1	Historie gabionových konstrukcí	2
2.2	Gabiony obecně	3
2.3	Oblast použití gabionových konstrukcí	4
2.4	Výhody a nevýhody gabionových konstrukcí	7
2.5	Pletivo a síť	9
2.5.1	Vázaný gabion – koš	10
2.5.2	Vázaný gabion – matrace	11
2.5.3	Svařovaný gabion	12
2.6	Technologický postup prací	13
2.6.1	Základová spára	13
2.6.2	Montážní postup gabionu	14
2.6.3	Zásyp	16
2.6.4	Dokončovací práce	17
2.7	Navrhování a posouzení gabionu	17
3.	Volba výplně gabionů	24
3.1	Vlastnosti výplně	24
3.2	Dodávka, skladování a průkazní zkoušky kamene	25
3.2.1	Dodávka a skladování	25
3.2.2	Průkazní zkoušky kamene	26
3.3	Kontrolní zkoušky kamene	26
3.4	Geometrie uložení	27
3.5	Změna vlastností kamene v čase	28
3.5.1	Zkoušky objemové hmotnosti vysušeného vzorku	31
3.5.2	Zkouška nasákavosti	33

3.5.3	Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	35
3.5.4	Stanovení pevnosti v prostém tlaku	40
3.6	Petrografický typ	43
3.6.1	Charakteristika lomu Chvaletice	43
3.6.2	Petrografická charakteristika jednotlivých horninových typů	44
3.6.3	Makropetrografický popis zkušební vzorku	44
3.7	Výpočet gabionové stěny se změnou vlastností kamene	45
4.	Vyhodnocení dosažených výsledků	49
4.1	Doporučení pro účastníky výstavby	49
4.1.1	Doporučení pro investory	50
4.1.2	Doporučení pro projektanty	50
4.1.3	Doporučení pro zhotovitele	50
4.2	Ekonomické hledisko	51
4.3	Zvýšení životnosti gabionu	51
4.4	Změna vlastností kamene	52
4.5	Poruchy na gabionech	53
5.	Závěr	55
6.	Seznam obrázků	56
7.	Seznam tabulek	58
8.	Seznam použitých pramenů	59
9.	Seznam příloh	61
9.1	Příloha 1 – Výpočet objemové hmotnosti	61
9.2	Příloha 2 – Výpočet nasákavosti	62
9.3	Příloha 3 – Stanovení procentuálního úbytku hmotnosti	63
9.4	Příloha 4 – Stanovení pevnosti v prostém tlaku	64
9.5	Příloha 5 – Certifikát lomu Chvaletice	65

1. ÚVOD

Téma diplomové práce se zabývá dlouhodobými vlastnostmi kamene v gabionových konstrukcích. Výstavba gabionových zdí už od počátku 20. století si získává čím dál větší oblibu u projektantů a zhotovitelů. Do těchto konstrukcí se ukládá především přírodní kámen.

Drátokamenné konstrukce mohou vytvářet nejen na komunikacích dokonce velmi estetické stavby. Tyto konstrukce se nehodí do všech místních podmínek. Před návrhem gabionové konstrukce by měly být zjištěny nejprve geologické a hydrogeologické poměry a stabilita území. Zjištěné výsledky v některých případech odhalí, že výstavba gabionové konstrukce je značně nevhodná do dané lokality.

Diplomová práce je rozdělena do několika částí. V první kapitole se píše o obecném postupu navrhování a postupu výstavby gabionů. Další část se zaměřuje na laboratorní zkoušky vzorků kamene, u kterých se zjišťovala změna vlastností. Výsledkem bylo porovnání kamene odebraného z realizované gabionové konstrukce s certifikátem lomu a technickými kvalitativními podmínkami. Dále byl proveden výpočetní model, který dokazuje snížení stability vlivem změny vlastností kamene. V závěru je obsaženo hodnocení a sumarizace výsledků

Cílem diplomové práce bylo ukázat, že použití kvalitního kameniva do gabionu má velký vliv na životnost a stabilitu samotné konstrukce. Bohužel, mnohdy i kvalitní kamenivo nezabrání k narušení konstrukce, protože špatně určené místní podmínky nebo špatná technologie výstavby mohou mít fatální důsledky. Například špatnou technologií vyskládání kamenem se mohou gabiony deformovat na lícni ploše stěny. Konstrukce ztrácí na estetice a ztrácí se stabilita gabionové stěny.

2. GABIONOVÉ KONSTRUKCE JAKO KONSTRUKČNÍ PRVEK

2.1 Historie gabionových konstrukcí

První, kdo užívali gabionové konstrukce, byli Egypťané. Tyto konstrukce sloužily jako protierozní ochrana břehů řeky Nilu již před 7000 lety. Materiál tehdejších předchůdců gabionů tvořily splétané proutěné rohože, které byly vyplňovány pískem. Konstrukce byly také používány pro vojenské účely, kde si našly uplatnění nejen v Egyptě, ale také v Číně. Na vývoj gabionů měl také zásluhu malíř, architekt a sochař Leonardo da Vinci, které navrhl pro výstavbu hradu San Marco v Miláně v letech 1452-1519. Amerika uplatňovala gabiony pro vojenské účely. Jako materiál se používalo vrbové proutí a díky rozšíření používání se zahájila manufakturní výroba. [1]



Obr.1 – Použití gabionů v historii (Doc. RNDr. František Kresta)

První ocelové gabiony se použili na konci 19. století pro opravu erozního poškození břehů řeky Reno v Casalecchio di Reno v Severní Itálii. Počátkem 20. století se začaly používat tvary, které známe dodnes. Nejprve sloužily jako ochrana břehů řeky a protierozní

ochrana svahů, později jako opěrné a zárubní zdi a v posledních letech i jako estetické prvky (např. ploty). [1]

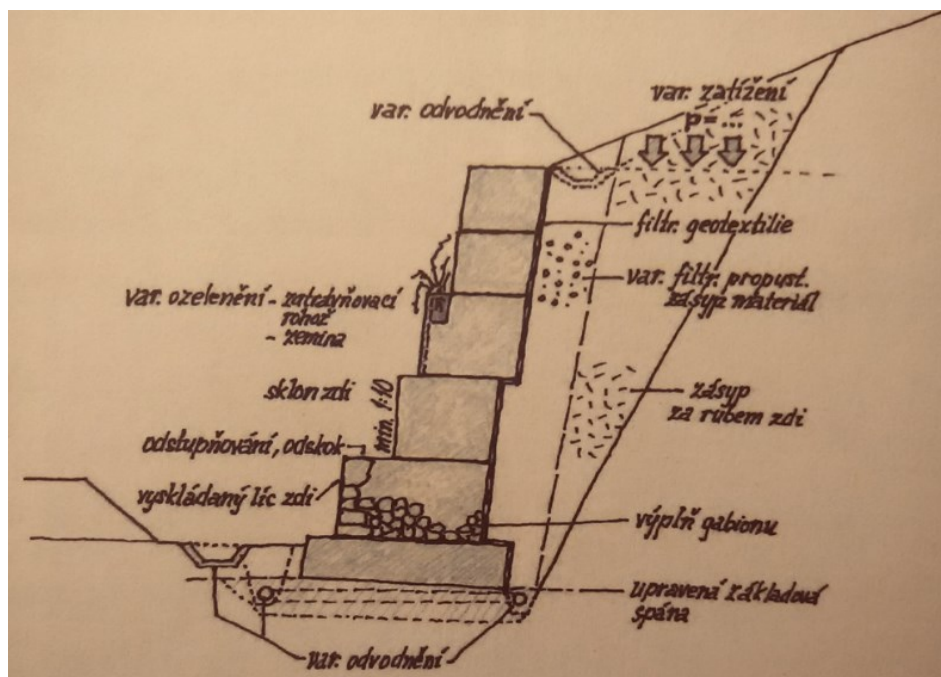
2.2 Gabiony obecně

Slovo gabion pochází z italštiny a lidově řečeno se jedná o drátěný koš. Gabiony se zřizují ve tvaru krychle nebo kvádru. Koš tvoří šestiboké ocelové pletivo nebo svařované ocelové síť. Koše jsou vyplněny vhodným přírodním, lomovým kamenem, popřípadě recyklátem. Využití gabionů má velmi široké uplatnění hlavně v dopravním stavitelství, kde se gabiony používají v podobě opěrných, protierozních konstrukcí, obkladních zdí i jako protihlukových stěn. Velké uplatnění mají také gabiony ve vodních stavbách, kde se jimi opevňují břehy potoků a propustků. Dnes se gabiony používají také při výstavbě plotů okolo rodinných domů a jiných budov. Gabiony se rozdělují podle rozměru na matrace a koše. U matrací (viz. Obr.2) převládá jejich délka a výška dosahuje maximálně 500 milimetrů. [2]



Obr.2 - Gabionová matrace [7]

U gabionů větších výšek se používá název koše. U vázaných gabionů je výška a šířka obvykle 1 metr a délka násobkem 1 metru. U košů, které jsou svařované, si můžeme dovolit libovolné rozměry. Gabionové koše jsou vyplněny kamenem, a proto velmi dobře fungují jako drenážní vrstva pro odtékající vodu v patě násypu. V případech, kde hrozí vyplavování jemnozrnných frakcí za rubem zdi, se musí vložit mezi gabion a zeminu filtrační geotextilie. [2]



Obr. 3 – Schématický gabionový koš [6]

2.3 Oblast použití gabionových konstrukcí

Gabionové stavby si našly široké uplatnění jak ve vodohospodářském stavitelství, tak i ve stavitelství dopravním (silniční a železniční). Tyto estetické a účelné konstrukce zajišťují stabilitu a ochranu komunikací (silnice, dálnice, železniční tratě), mostů a mostních křídel, tunelů, propustků, přilehlých obslužných ploch či parkovišť a mnoha dalších. Hojně se také používají při rekonstrukci, sanaci či havárii konstrukcí. Příčinou bývají převážně povodně, eroze, podmáčení, nerovnoměrné sednutí a další. Můžeme mezi ně zařadit: [6]

- **Opěrné a zárubní zdi**

Budování gabionových konstrukcí s funkcí opěrnou se provádí převážně v případech, kdy je vedena komunikace podél vodotečí. Tyto zdi plní funkci vodohospodářskou ochrannou nebo opevňovací, a tím zabráníme podemletí vozovky při povodních. Při výstavbě těchto konstrukcí se obejdeme bez náročných technologických zakládání, protože gabiony jsou okamžitě únosné a odpadá u nich mokřý proces. [6]



Obr.4 – Opěrný gabion mezi pozemní komunikací a vodotečí (Stará Bělá) [8]

Při návrhu zárubních stěn je rozhodující specifikovat zemní tlaky z oblasti za rubem zdi. Velkou roli zde hraje i změna vodního režimu, který se může podílet na přetížení zdi. Vhodnost řešení gabionové konstrukce jako zárubní zdi musí být pečlivě zvážena. Někdy se používá pro efektivnější zajištění svahu za zdí kombinace betonu a hřebíkování. Pohledovou lícni stranu zajistí gabion s funkcí obkladní. [6]



Obr.5 – Gabion ve výstavbě (komunikace I/11 v obci Mokré Lazce mezi Opavou a Ostravou).

Poznámky: Gabion na obrázku má funkci obkladní. Nosný prvek tvoří hřebíkování a stříkaný beton, které byly použity pro zpevnění navětralého skalního masivu.

- **Stabilizační konstrukce v sesuvných oblastech**

Tato aplikace se používá u mělkých sesuvů, které jsou vyvolané zvodněním svahu extrémními srážkami nebo podemletím. V případě použití gabionové konstrukce je důležité pečlivě volit zpětný zásyp a přitěžovací přísyp v patě stěny. Aby sanace měla dlouhou životnost, musíme provést vhodný návrh odvodnění, které se volí podle aktuální stavby a situace. V případě špatného odvodnění by se stejná příčina poruchy mohla znovu opakovat. [6]

- **Ochranné konstrukce**

Ochranné konstrukce z gabionů se používají k zachycení sesuvů kamení, suti nebo zeminy zvětralých skalních masivů nad pozemní komunikací. Účelem těchto zdí je zajistit bezpečný provoz všech účastníků na vozovce. [6]

- **Obkládání čel propustků a části mostních konstrukcí**

Gabionové konstrukce se začínají také používat při výstavbě větších propustků. Vhodné řešení a větší zkušenosti s extrémními srážkami si zde našlo uplatnění. Na mostech se nejčastěji budují z gabionů mostní křídla a opěry mostů. Křídla mostů přes vodoteče z gabionů slouží jako plynulý přechod k opevnění břehů za mostem proti x-leté vodě. [6]



Obr.6 – Obložení čela propustku pomocí gabionu [12]

- **Použití gabionů v intravilánu**

Slovem intravilán rozumíme zastavěné plochy obcí, kde je nutno mj. řešit hlukovou zátěž vznikající od dopravy pronikající do zastavěných oblastí. Gabionové konstrukce se nám hodí jako velice estetické prvky s kvalitní protihlukovou clonou. Pro větší estetické cítění se gabiony mohou osázet vhodnou vegetací. U nás se konstrukce tohoto typu používají zřídka. [6]

2.4 Výhody a nevýhody gabionových konstrukcí

Abychom mohli vhodně navrhnout gabionovou konstrukci, je nutné správně zvolit a úspěšně realizovat odpovídající technologii gabionů. Předem musíme být obeznámeni s jejich výhodami a nevýhodami. Výhody a nevýhody gabionových konstrukcí jsou následující:

- + Okamžitá únosnost po realizaci, odpadá mokrý proces
 - + Estetický vzhled, vhodnost do CHKO, NP
 - + Krátká doba realizace
 - + Možnost zpětného využití materiálu (snadná rozebíratelnost)
 - + Montáž i v zimních měsících
 - + Dokonalá drenážní vrstva (propouští vodu)
 - + Dobré zvukově izolační vlastnosti
 - + Možnost ozelenit a nechat prorůst kořenovým systémem
 - + Použití místních materiálů (místní lomy na kámen)
 - + Šetrnost k životnímu prostředí
 - + Minimální údržba
 - + V případě vhodného navržení finančně méně náročná
 - + Pružnost, ohebnost (schopny absorbovat nerovnoměrné sedání)
 - + Široké uplatnění ve stavitelství
 - + Trvanlivost (po zkorodování výztuže vytvoření kamenné zdi) [3]
-
- Vyšší pracnost (pracné vyskládání kamene) – vyskládá se líc a někdy i celý gabion)
 - Dostupnost vhodného materiálu kamene (lokalita bez blízkého lomu)
 - Požadavek minimálních deformací
 - Nevhodný návrh líce
 - Nezkušenost firem [3]

- **Pružnost, ohebnost:**

Díky tomu, že jsou tyto konstrukce pružné a ohebné, dokáží bez porušení přenést nestejněměrné sedání nebo omezený pokles na méně stabilním podloží. Můžeme založit gabionovou konstrukci přímo bez základu na základovou spáru. [6]

- **Trvanlivost**

Při užití ocelových částí s dobrou protikorozií ochranou dvojitým žárovým pozinkováním a použitého kameniva splňující předepsané normy TKP 30 mají gabiony dlouhodobou životnost bez jakékoli údržby. V případě užití odstupňovaných konstrukcí umožníme zachycení vegetace na ploše stupně, a tím dovolíme prorůstání kořenovým

systémem rostlinstva. Gabiony jsou postupně zpevňovány. V agresivních prostředích můžeme využít zvýšenou ochranu drátu, a to použitím PVC, PE A (Zn+Al). [6]

- **Pevnost**

Výztužné dráty různých průměrů umožňují svojí pevností přenášet zemní tlaky od zásypu za rubem stěny, účinků vody nebo od přetížení dopravy a okolních objektů. Konstrukce skládající se z výztužných sítí a kamene tvoří monolitickou konstrukcí staticky působící jako gravitační monolitická zeď. [6]

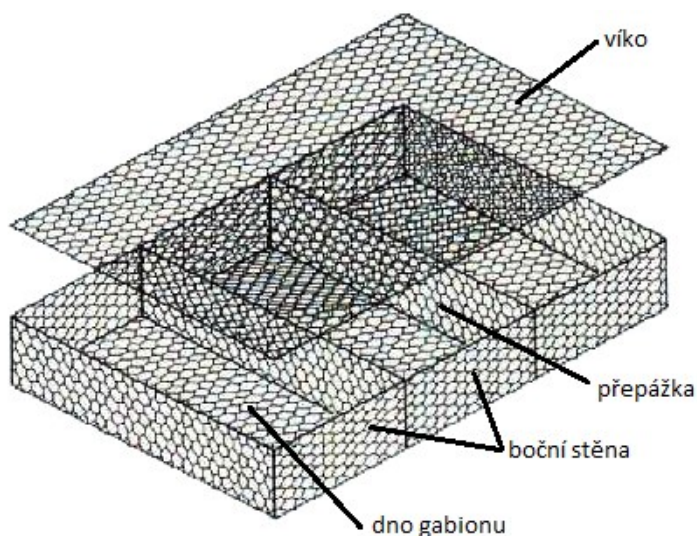
- **Ekonomičnost**

Zda bude konstrukce levnější než jiné typy konstrukcí sloužících ke stejným účelům, je velice sporné. Avšak vhodně navržená a správně realizovaná stavba do konkrétních podmínek, kde se uplatní výhody gabionů, se stává gabionová konstrukce finančně méně náročná. [6]

Nevýhody se projevují spíše při návrhu gabionu dle podmínek, které jsou ke stavbě gabionové konstrukce nevhodné. Aby se nevýhody proměnily na výhody, musí projektant vyhodnotit vhodnost místních podmínek a efektivnost pro stavbu této konstrukce. Životnost gabionu ovlivňuje především zkušenost a praxe projektanta a firmy budující tyto konstrukce.

2.5 Pletivo a síť

Gabionové pletivo se skládá ze dna, bočních částí, přepážek a víka.



Obr.7 - Gabionové pletivo

Materiál gabionových konstrukcí bývá buď z košů z drátěného pletiva nebo ze svařovaných sítí. Přestože jsou v těchto typech rozdíly, ani jeden není nijak zvlášť upřednostňovaný. Záleží především na vkusu a na způsobu použití konstrukce. Estetiku ovlivňuje odbornost firmy a také zkušenosti pracovníků, kteří gabion montují. Zásadní je dodržení technických požadavků, aby jednotlivé díly gabionu vyhověly danému provozu a místním podmínkám. [4]

2.5.1 Vázaný gabion – koš

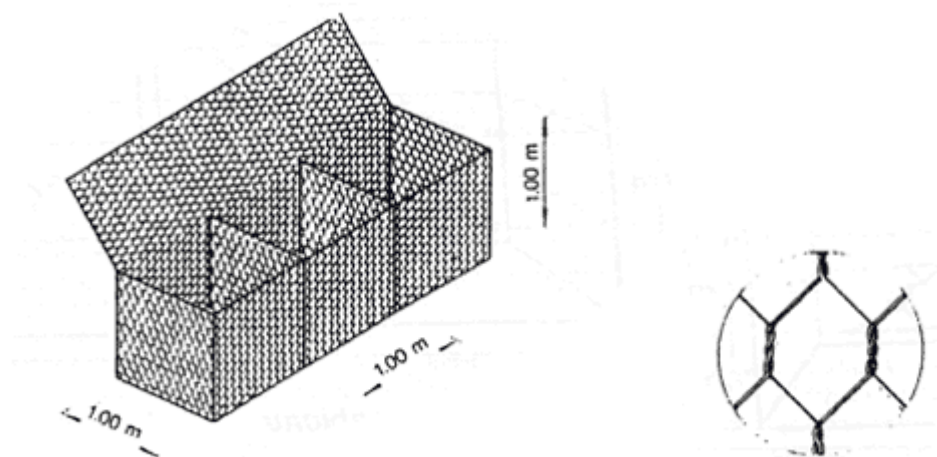
Pletivo pro gabion je vyrobeno z galvanizovaného ocelového drátu o průměru minimálně 2,7 milimetrů. Tahová pevnost použitého drátu musí být větší než 400 MPa. Pro dlouhou životnost musí mít dráty kvalitní povrchovou úpravu. Na povrch drátu se nanáší zinek v množství minimálně 260 g/m² původního drátu. Do agresivnějších prostředí se na pozinkovaný drát potahuje PVC o tloušťce 0,4 – 0,6 milimetrů. Tloušťka potažení PVC nenahrazuje minimální tloušťku pozinkování drátu. [2]

Typ sítě	Velikost oka (mm)	Tloušťka drátu (mm)
6x8	60	2,7
8x10	80	2,7 - 3,0
10x12	100	2,7 - 3,0

Tab.1 – Rozměry ok pletených sítí a tloušťky drátu pro koše [2]

Pletivo musí být vyrobeno takovým způsobem, aby nedošlo k rozpletení koše při realizaci ani při užívání konstrukce. Tomu zabráni minimálně dvojité zakroucení mezi dráty. Oka sítě mají tvar šestiúhelníku. Tvary sítí a rozměry ok jsou v dnešní době mnohostranné. Záleží na výrobci, avšak musí dodržet normou stanovené minimální hodnoty. Obvodové hrany drátěného gabionu jsou bezpečně spojovány vázacím drátem a musí být zajištěny drátěnou spirálou. Pevnost v těchto spojích musí být minimálně stejná jako u stěn gabionové konstrukce. Drát, který se používá pro zpevnění hran košů, musí mít minimální tloušťku 3,4 mm pro síť z drátu o průměru 2,7 mm a 3,9 mm pro síť z drátu o průměru 3,0 mm. Pro tvarovou polohu se používají dráty minimální tloušťky 2,0 mm, kterými se zajišťují protější

stěny gabionu. V případě použití ostrohranných kamenů se doporučuje navýšit průměr drátu na 2,2 mm. Vázací drát pro spojení sousedních košů mezi sebou a vyztužení hran musí mít minimální průměr 2,2 mm u koše ze sítě tloušťky 2,7 mm a minimálně 2,4 mm pro koše ze sítě tloušťky 3,0 mm.



Obr.8 - Vázaný koš [2] (Vpravo detail spojení drátů)

2.5.2 Vázaný gabion – matrace

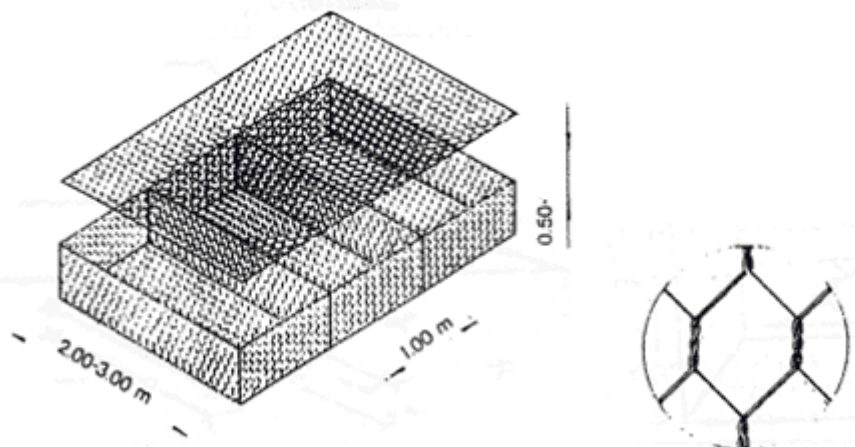
Tloušťka drátu pro matrace musí být minimálně 2,0 mm. Požadavky na tahovou pevnost jsou menší než u gabionových košů a mají hodnotu 350 MPa. Jako povrchová úprava se nanáší zinek v množství 240 g/m² původního povrchu drátu. Do agresivnějších prostředí se drát potahuje opět PVC o tloušťce minimálně 0,5 mm.

Typ sítě	Průměr oka (mm)	Průměr drátu (mm)
5x7	50	2,0
6x8	60	2,0 – 2,2

Tab.2 – Rozměry ok pletených sítí a tloušťky drátu pro matrace [2]

Stejně jako u košů mají tvary ok u matrací šestiúhelníkový tvar a spoj mezi dráty musí být dvojitě překroucený, aby nedošlo k rozpletení či poškození pletiva. Drátěná spirála pro zpevnění obvodových hran musí mít průměr minimálně 2,4mm pro síť z drátu tloušťky 2,0

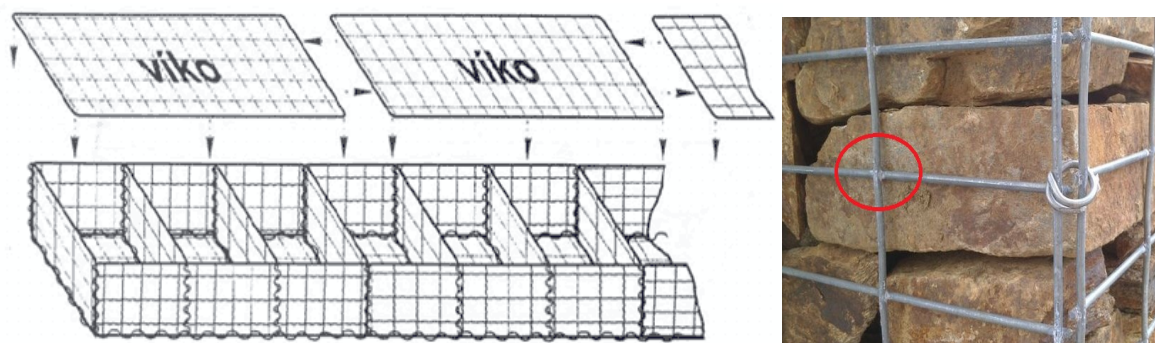
mm a minimálně 2,7 mm pro sítě z drátu o průměru 2,2 mm. Matrace mají funkci obkladní, nedosahují výšek větších než 0,5 m, a proto se distanční spony pro spojení protilehlých stěn nepoužívají.



Obr.9 – Vázaná gabionová matrace [2] (Vpravo detail spojení drátů)

2.5.3 Svařovaný gabion

U svařovaných gabionů se používá průměr drátu minimálně 3,7 mm. Svary musí mít dostatečnou předepsanou pevnost. Tahová pevnost drátu musí být vyšší než 400 MPa. Povrchová ochrana drátu představuje žárové pokovení drátu zinkem v množství 260 g/m² původního povrchu drátu. Velikost ok svařovaných gabionů se pohybuje okolo 100 – 120 mm a tvary ok jsou čtvercové nebo obdélníkové. Rozměry gabionů a svařovaných ok nám jsou výrobci připravit dle požadavků objednatele. [2]



Obr10 - Svařovaný gabion [2] (Vpravo detail svaru mezi dráty)

Spojovací prvky svařovaných gabionů mají mít minimální průměr 3,7 mm. Spoje musí mít stejnou pevnost jako síť.

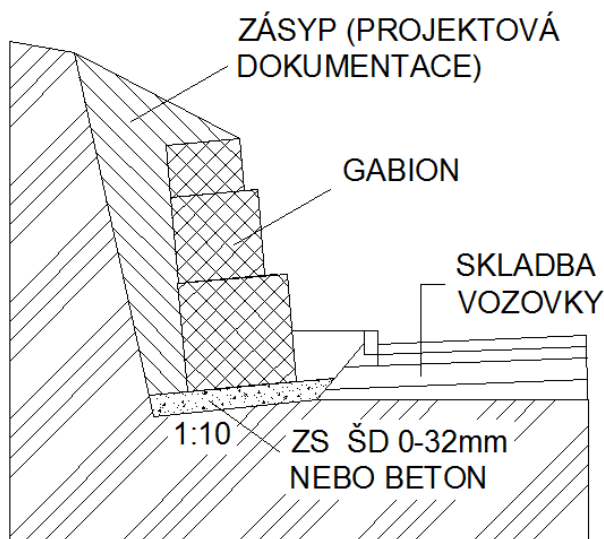
2.6 Technologický postup prací

Před výstavbou samotného gabionu se nejprve musí provést zaměření a vytyčení polohy, aby gabion plnil svoji funkci v navrženém místě podle projektové dokumentace. O tuto práci se většinou postará příslušná geodetická firma. Dále probíhají výkopy pro založení základové spáry.

2.6.1 Základová spára

Musí být urovnána a zhutněna do hloubky stanovené projektovou dokumentací (0,3 – 0,5 m) na míru zhutnění $D=95\%$ Proctor standard. Zeminy nevhodné dle ČSN 73 6133 se ze základové spáry odstraňují, upravují, nebo vyměňují jinými vhodnými zeminami schválenými projektovou dokumentací. [24]

Míra zapuštění konstrukce do přilehlého terénu závisí na dvou veličinách. První je výška stěny, druhá veličina závisí na kvalitě místního podloží pod gabionovou konstrukcí. Výměna nevhodné zeminy za vhodný, obvykle hrubozrnný materiál, nemá překročit výšku 0,5 m. Tyto parametry řeší projektová dokumentace. Hrubozrnná zemina představuje vyrovnávací a konsolidační vrstvu. V případě založení základové spáry na skalním podloží musí zhotovitel spáru dokonale vyčistit. Nerovnosti se vyplňují štěrkodrtí nebo betonem. Sklon základové spáry se doporučuje dělat 1:10 proti sklonu svahu. Z bezpečného hlediska lze říci, že gabionová konstrukce je mnohem méně citlivá na způsob založení oproti betonové zdi. [2]

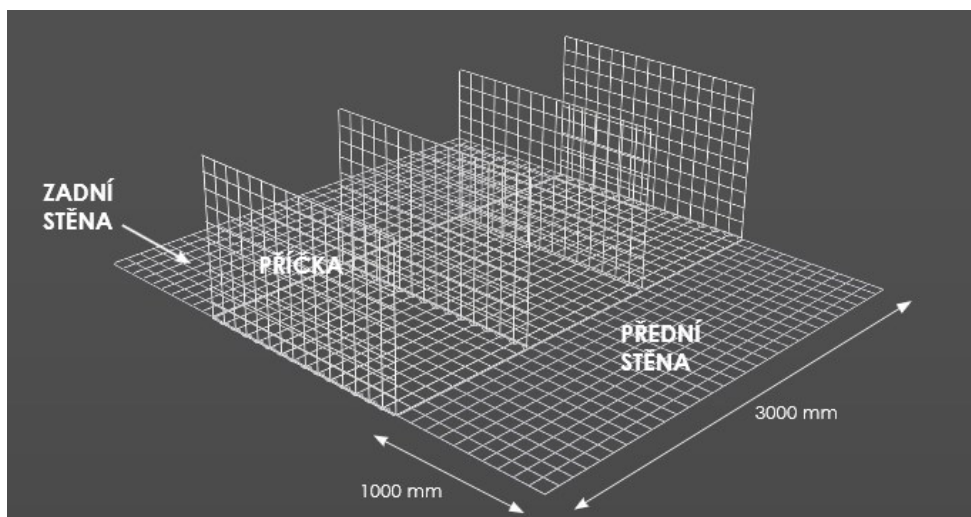


Obr.11 – Umístění gabionu na základovou spáru (vlevo ilustrační obrázek, vpravo založení gabionu na betonovém základu na silnici I/11 v obci Mokré Lazce mezi Opavou a Ostravou)

2.6.2 Montážní postup gabionu

Na stavbu se dováží sítě čtvercových nebo obdélníkových tvarů, ze kterých se sestavují trojrozměrné konstrukce o navržených rozměrech dle projektové dokumentace. Existuje více možností, jak sestavit gabion, ale většina firem provádí následující osvědčené postupy výstavby.

Nejprve se na zem položí vodorovné sítě (dna), které se spojují s příčnými svislými sítěmi (přepážkami) pomocí spirály. Dále se spojují boční podélné sítě ke dnům vodorovným sítím. Poté se vztyčí boční podélné sítě a příčné svislé sítě opět pomocí spirál a vzniká konstrukce, která je z vrchu otevřená pro vyskládání kameniva. Nejprve se musí do první třetiny umístit rohové fixovací a středové spony. Tyto spony nám zajišťují tvarovou stálost gabionu proti vyboulení. K fixaci nám také pomohou lešeňové trubky, které umožňují dodržet předepsaný sklon gabionu. Když je gabion dostatečně stabilní, přichází na řadu rovnání kameniva. To se musí provádět velmi pečlivě už ode dna konstrukce. Přední pohledová strana musí být vyskládána metodou suchého zdění, které nám zaručí statickou funkci a taky estetický vzhled. [5]

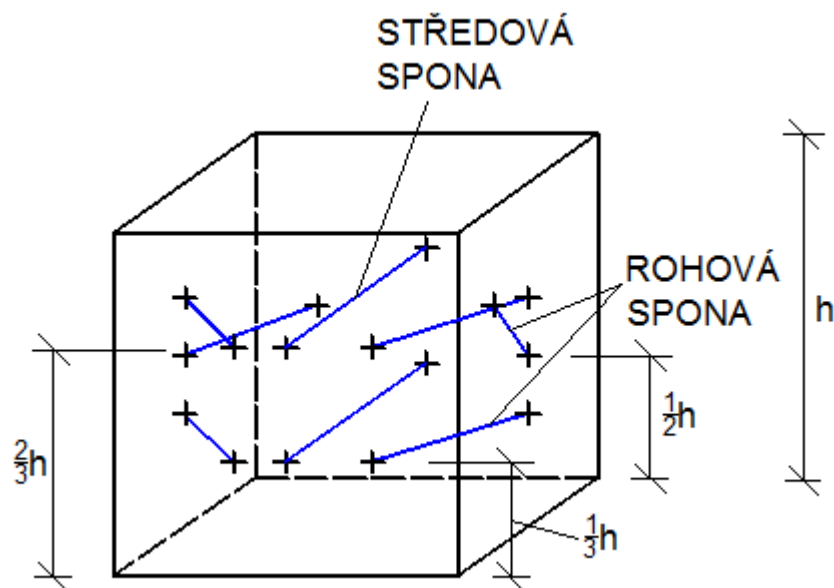


Obr.12 – Sestavování gabionu [10]



Obr.13 – Výstavba gabionu (Opěrný gabion ve Zlaté Olešnici) [21]

Výplň se rovná do výšky upevněných spon (tzn. asi do jedné třetiny). Dále se upevňují rohové spony v jedné polovině výšky mimo přední stěny. Do přední stěny se upevňují rohové spony do druhé třetiny a také spony středové ve stejné výšce. Zbylá část konstrukce se vyskládá kamenem do výšky 50 mm od vrchní hrany gabionu. Pomocí spirál se připevní vodorovná síť (víko) a gabion se uzavře. Nedoplněná část gabionu se vysype drobným kamenivem. Na závěr se odstraní pomocná konstrukce z lešeňových trubek, protože gabion je plně stabilní. [5]



Obr.14 - Vyztužení gabionu sponami

2.6.3 Zásyp

Za rubem gabionové konstrukce se provádí zásyp. Vlastnosti a technické parametry vhodné zeminy do zásypu jsou předepsány v projektové dokumentaci. Zasypávání a hutnění se provádí současně s plněním gabionu. Tento postup se provádí proto, aby hutněná zemina nepadala do konstrukce a gabion přenesl svojí váhou tíhu od zeminy. V případě zasypávání jemnozrnnou zeminou se mezi gabion a zásyp umístí separační geotextilie, která zabrání vplavování zeminy do mezer gabionové konstrukce. Hutnění v blízkosti gabionu se provádí pomocí vibračních pěchů a desek do hmotnosti 1000 kg nebo pomocí lehčích válců do hmotnosti 1500 kg. [2]



Obr.15 – Zpětný zásyp [11]

Poznámky: Na tomto obrázku vidíme zpětný zásyp z vhodné dobře zhutnitelné zeminy, který se vrství asi po 30-ti centimetrech. Pro zvýšení smykové pevnosti zásypové zeminy se používají v tomto případě výztužné konstrukce (např. geomříže). Geotextilie za rubem stěny gabionu se používá pro zachycení jemnozrnných částic.

2.6.4 Dokončovací práce

V této fázi stojí gabionová stěna stabilně na základové spáře a je proveden zásyp za konstrukcí. Zbývá už jen provést dokončovací práce, jako je úprava svahů, ohumusování, ozelenění nebo dodatečné vegetační úpravy.

2.7 Navrhování a posouzení gabionu

Gabionové stěny ať už jsou vytvořené na polštáři ze šterkodrtě, nebo na betonové patce, musí přenést tíhu vlastní konstrukce, dále tíhu zeminy a zásypu za rubem zdi. V některých případech se musí počítat s užitným zatížením. Při návrhu a posouzení zde platí podobné podmínky jako u gravitační opěrné stěny. Gabionové konstrukce s výškou do 1,5 m se zařazují do 1. geotechnické kategorie. V případě výšky větší než 1,5 m gabiony patří do 2. geotechnické kategorie. Zda gabionová konstrukce patří do 3. geotechnické kategorie, musí rozhodnout projektant na základě inženýrskogeologického průzkumu, neobvyklých zatěžovacích podmínek nebo vysoce seismických oblastech. Do inženýrskogeologického průzkumu spadají vlastnosti zemin pod základovou spárou, vlastnosti přírodního svahu nebo

zásypu za rubem zdi, dále úroveň a režim podzemní vody a nakonec faktory zvyšující možné sesuvy. Většinou se ale gabiony zařazují do 2. skupiny. Při navrhování se musí sestavit seznam mezních stavů, které by mohly mít negativní vliv na stabilitu konstrukce: [17]

- Ztráta celkové stability
- Porušení konstrukčního prvku nebo porušení styku mezi jednotlivými prvky
- Kombinace porušení v základové půdě a v konstrukčním prvku
- Porušení vztlakem a vnitřní erozí
- Pohyb gabionové stěny, který může být příčinou kolapsu nebo může ovlivnit efektivní užívání konstrukce nebo blízkých konstrukcí, které na ní leží
- Nepříjemný transport zemních částic skrz stěnu nebo pod stěnou
- Nepříjemná změna v režimu podzemní vody
- Porušení únosnosti zeminy pod základem
- Porušení smykem v základové spáře
- Porušení nakloněním [17]

Pro gabionové konstrukce vyplývají ještě specifické podmínky:

- Stabilita jednotlivých stupňů
- Posouzení na roztrhnutí dřívku gabionové stěny – přetržení drátu sítě
- Únosnost výztuže v tahu [17]

Zatížení gabionové stěny je tedy tvořeno:

- Vlastní tíhou konstrukce a zásypovým materiálem
- Zemními tlaky stanovenými na možný pohyb gabionové stěny
- Přírůstky zemního tlaku od účinků stálého a užitného zatížení
- Účinky vody a podzemní vody
- Silami od případných vln a ledu (gabion zpevňující břeh potoku)
- Kolizními silami (zatížení od dopravy)
- Vlivem teploty [18]

Při návrhu gabionové zdi se mohou stejně jako u betonové stěny volit různé tvary a rozměry. V potaz se musí brát druh a síla zatížení, které budou negativně působit na stabilitu realizované konstrukce. Je nutné pečlivě předem zjistit geologické a hydrogeologické poměry. Důležité je také prozkoumat, jestli se stavba nenachází na nestabilním území. Mnohdy zjištěné místní podmínky odhalí, že návrh gabionové stěny může být zcela nevhodný.

Při posouzení gabionové zdi se musí nejprve vypočítat tíha zdi a aktivní zemní tlak od zeminy, z těchto sil se provádí posudek na posunutí a překlopení. Aby gabion bezpečně vyhověl posudku, musí být vzdorující složky větší oproti klopícím. Dále se počítá únosnost základové půdy, kterou ovlivňuje kvalita použité zeminy do základové spáry. Výsledkem je posouzení dovolené excentricity a posudek maximálního napětí v základové spáře s únosností základové půdy. Dále se provádí posudek spár mezi jednotlivými koši. Spára se posuzuje na posunutí, překlopení, únosnost v bočním tlaku a posouzení mezi bloky. Na stabilitu má vliv tíha zdi, velikost aktivních zemních tlaků a pevnost spoje sítí. Dalším posudkem může být také posouzení stability svahu.

Výpočet gabionové zdi:

Výpočet tíhové síly zdi

$$G = A * \gamma = \left[\frac{kN}{m} \right] [19]$$

A – Plocha gabionové zdi [m²]

γ – Objemová hmotnost zdi [kN/m³]

Výpočet aktivního zemního tlaku

$$S_{ax} = 0,5 * \gamma * h^2 * K_a = \left[\frac{kN}{m} \right] [19]$$

γ – Tíha zeminy [kN/m³]

h – Uvažovaná hloubka zdi [m]

K_a – Součinitel aktivního zemního tlaku dle Rankina

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) [-] [19]$$

φ – Úhel vnitřního tření zeminy [°]

$$S_{az} = S_{ax} * tg\delta [19]$$

$$\delta = (1/3 - 2/3)\varphi [19]$$

δ – třecí úhel konstrukce – zemina [°]

φ – Úhel vnitřního tření zeminy [°]

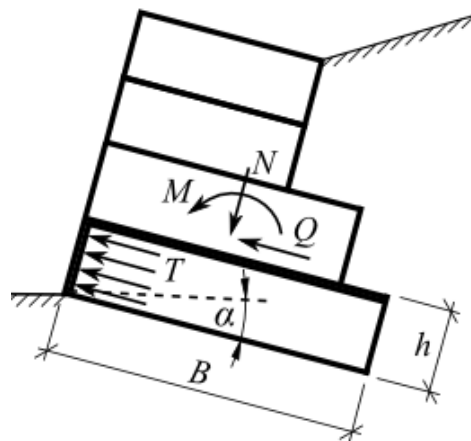
Stanovení sil

$$N = \Sigma F_v \cos\alpha + \Sigma F_h \sin\alpha [19]$$

$$Q = \Sigma F_v \sin\alpha + \Sigma F_h \cos\alpha [19]$$

$$F_v = G + S_{az} \text{ (celkové svislé síly)}$$

$$F_h = S_{ax} \text{ (celkové vodorovné síly)}$$



Posouzení celé zdi:

a) Posouzení na překlpení

$$\frac{M_{vz}}{\gamma_0} > M_{kl} [19]$$

M_{kl} – Moment klopící [kNm/m]

γ_0 – Součinitel redukce únosnosti na překlpení

M_{vzd} – Moment vzdorující [kNm/m]

Klopící moment ovlivňují vodorovné složky sil (např. aktivní zemní tlak)

Vzdorující moment ovlivňují svislé složky sil (např. tíha zdi)

b) Posouzení na posunutí

$$\frac{\left[N * tg\varphi_d + \frac{c_d(d - 2e)}{\mu} + F_{vz} \right]}{\gamma_s} > H [19]$$

N – Normálová síla působící v základové spáře [kN/m]

φ_d – Výpočtový úhel tření konstrukce-zemina [°]

c_d – Výpočtová soudržnost tření konstrukce-zemina [kPa]

d – Šířka paty zdi [m]

e – Excentricita [m]

γ_s – Součinitel redukce únosnosti na posunutí

H – Posouvající tečná síla působící v základové spáře [kN/m]

F_{vz} – Vzporující síla (od geovýztuh a přesahů sítí) [kN/m]

μ – Součinitel redukce kontaktu základ-zemina

Výpočet excentricity:

$$e = \frac{M_{vz} - M_{kl} + \frac{N_d}{2}}{N} [19]$$

Únosnost základové půdy:

$$\sigma = \frac{N}{d - 2e} < R_d$$
$$e \leq e_{dov} [19]$$

N – Normálová síla působící v základové spáře [kN/m]

d – Šířka paty zdi

R_d – Únosnost základové půdy

e – Maximální excentricita normálové síly

e_{dov} – Dovolená excentricita (obvykle 0,1 – 0,4m)

Zatížení spodního bloku:

$$\sigma = \frac{2 * N}{B - 2 * e} + \frac{\gamma * h * \cos \alpha}{2}$$
$$e = \frac{M}{N} [19]$$

N – Normála výslednice zatížení spodního bloku [kN/m]

B – Šířka horního bloku [m]

e – Excentricita [m]

M – moment působící na spodní blok [kNm/m]

h – Výška spodního bloku [m]

γ – Tíha materiálu spodního bloku [kN/m³]

α – sklon gabionu [°]

Tlak na stěnu spodního bloku (zvýšený aktivní tlak)

$$T = 0,5T_r + 0,5T_a$$

$$T_r = \sigma K_r$$

$$T_a = \sigma K_a - 2c_d\sqrt{K_a} [19]$$

φ_d – Výpočtový úhel vnitřního tření materiálu spodního bloku[°]

c_d – Výpočtová soudržnost materiálu spodního bloku[kPa]

γ – Objemová tíha materiálu spodního bloku[kN/m³]

T – Průměrná hodnota tlaku na čelo spodního bloku[kN/m]

σ – Maximální normálové napětí na spodní blok [kPa]

Šířky sítí spodního bloku na m

$$D_{upp} = 1$$

$$D_{total} = \frac{h}{v} + 1 \quad [19]$$

D_{upp} - délka horní tažené sítě mezi bloky [m]

D_{total} - celková délka sítí přenášející tlak T [m]

v - vzdálenost svislých sítí [m]

h - výška spodního bloku [m]

Posouzení pracovní spáry:

a) Posouzení na překlopení

$$M_{kl} < M_{vzd} [19]$$

M_{kl} – Moment klopící [kNm/m]

M_{vzd} – Moment vzdorující [kNm/m]

b) Posouzení na posunutí

$$Ntg\varphi_d + c_d B > Q [19]$$

N – Normálová síla působící v horní spáře spodního bloku [kN/m]

φ_d – Výpočtový úhel vnitřního tření materiálu spodního bloku[°]

B – Šířka horního bloku

c_d – Výpočtová soudržnost materiálu spodního bloku[kPa]

Q – Smyková síla [kN/m]

c) Posouzení únosnosti na boční tlak

$$S < Su$$

$$S = \frac{T * b * h}{D_{total}} [19]$$

T – Průměrná hodnota tlaku na čelo spodního bloku [kN/m]

S – Síla na 1m spoje [kN/m]

Su – Únosnost spoje [kN/m] (certifikát garantovaný od výrobce)

b – Šířka 1m

D_{total} – Celková délka sítě přenášející tlak T [m]

d) Posouzení únosnosti spáry mezi bloky

$$N_d < N_u$$

$$Q_{tr} = \frac{N * tg\alpha_d + c_d * B}{\gamma_f}$$

$$N_d = S + \frac{\max(0, Q - Q_{tr})}{D_{upp}} [19]$$

N_d – Tahová síla na 1m horní spáry spodního bloku [kN/m]

N_u – Pevnost sítě [kN/m] (certifikát garantovaný od výrobce)

Q_{tr} – Smyková síla přenášená třením a soudržností mezi bloky [kN/m]

γ_f – Součinitel redukce tření mezi bloky

h - Výška bloku [m]

D_{total} – Celková délka sítě přenášející tlak T [m]

D_{upp} – Délka horní tažené sítě mezi bloky [m]

V této práci byl proveden statický výpočet pomocí software GEO5, který byl aplikován na konkrétní gabionové konstrukci v kapitole 3. Tento program umožňuje provést výpočet gabionu podle stupně bezpečnosti, podle mezních stavů a podle EN 1997-1 (kde se zavádějí dílčí součinitele podle návrhových přístupů a postup výpočtu vychází z mezních stavů). U metody stupně bezpečnosti musí být poměr pasivních a aktivních složek větší než požadovaný stupeň bezpečnosti.

3. VOLBA VÝPLNĚ GABIONŮ

Tato kapitola se zabývá vlastnostmi materiálu, který tvoří výplň gabionové konstrukce. Dále obsahuje výsledky laboratorních zkoušek na vzorcích kamene, který byl odebrán z již realizovaného gabionu zatěžovaného místními podmínkami. Zkoušené vzorky byly porovnávány s vlastnostmi kamene, které dokládal v certifikátu výrobce. Z výsledků bylo posléze odvozeno, jaký vliv mají klimatické a atmosférické podmínky na vlastnosti konkrétního použitého kamene do gabionové konstrukce.

3.1 Vlastnosti výplně

U gabionů je důležitá nejen správná volba kvalitních ocelových sítí a jejich korozní ochrana, ale také volba kamene s dlouholetou odolností. Po celé České Republice se vyskytuje mnoho lomů na kámen, takže použitý typ kamene ovlivňuje lokalita a místo staveniště. Veškerý výplňový kámen musí splňovat TKP (technické kvalitativní podmínky) kapitoly 30. V současné době se jako výplňový materiál používá především kámen, ale také kámen netříděný nebo recykláty. Rozměry horninových úlomků by měly být 1,5 až 3 krát větší, než je oko sítě (Obr.17). Menší kameny se na líc gabionu nehodí, protože by se mohly z gabionu vysypat a konstrukce by se mohla zbortit nebo zdeformovat. Úlomky menší než průměr oka pletiva mohou být použity v množství nepřesahujícím 10% celkového objemu pro výplň mezer a uklínování větších kamenů uvnitř gabionů (mimo líc). [9]



Obr.17 – Hrubost kamene v gabionu

3.2 Dodávka, skladování a průkazní zkoušky kamene

3.2.1 Dodávka a skladování

Dodávaný kámen na stavbu je zhotovitel povinen zkontrolovat a zajistit. Na staveništi musí být přítomny jen ty materiály, které odpovídají požadavkům smlouvy o dílo. Při dodávce se kontroluje, zda zásilka odpovídá předepsané kvalitě, případné poškození, úplnost a také dodaná kvantita kamene. [2]

Při přebírce dodaného materiálu musí dodavatel předložit dodací list, ve kterém mají být minimálně tyto informace:

- Certifikát výrobku (každý lom nám jej musí poskytnout)
- Prohlášení o shodě
- Číslo a datum vystavení
- Název a adresa výrobce popřípadě dovozce
- Název a sídlo odběratele
- Místo určení dodávky
- Předmět dodávky (kvalita kamene, petrografický typ, jeho lokalita/lom)
- Hmotnost kamene [2]

3.2.2 Průkazní zkoušky kamene

Průkazní zkoušky zajišťuje osoba, která realizovaný gabion provádí. Provedenými zkouškami se hájí, že pracovala s kamenem podle předepsaných norem. Zkoušky na stavbách pozemních komunikací provádí způsobilá laboratoř podle metodického pokynu SJ-PK č.j. 20840/01-120 část II/3. Pro výplňové kamenivo do gabionů se statickou funkcí se zkouší pevnost v tlaku podle ČSN EN 1926 Stanovení pevnosti v tlaku, dále nasákavost dle ČSN EN 1097-6 Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti. Popřípadě se provádí zkouška síranem hořečnatým podle ČSN EN 1367-2. Zkoušené ukládané kameny do gabionů by měly dosahovat minimálních naměřených hodnot, které ukazuje následující tabulka. [2]

Zkouška	Metodika	Kriterium
Pevnost v tlaku	ČSN EN 1926, příloha A	Min. 60MPa (kategorie CS60)
Nasákavost	ČSN EN 13383/2, kapitola 8	Max. 0,5%
Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	ČSN EN 13383/2, kapitola 9	FTa
Rozpadavost	ČSN EN 13383/2, kapitola 10	Kategorie SBa
Objemová hmotnost	ČSN EN 13383/2, kapitola 8	$\geq 2300 \text{ kg/m}^3$

Tab.3 – Průkazní zkoušky kamene [2]

3.3 Kontrolní zkoušky kamene

Při výstavbě gabionových konstrukcí kontroluje zhotovitel průběžně velikost kamene, množství menších úlomků pro výplň mezer a případné klínování větších kamenů. Zároveň musí také kontrolovat zvětrání a vizuální celistvost kamene. Důležitá je také kontrola ukládání kamene do jednotlivých košů, hutnění, rovinatost stěny líce gabionu. Rozsah prováděných zkoušek ovlivňuje kubatura celkové gabionové konstrukce, kterou znázorňuje následující tabulka. Zkoušky na stavbách pozemních komunikací smí provádět opět jen kvalifikovaná laboratoř s příslušnou způsobilostí podle MP SJ-PK. [2]

Nasákavost kamene	1x na 1000m ³ při objemu prací do 2000m ³
	1x na 1000m ³ při objemu prací přes 2000m ³

Tab.4 – Kontrolní zkoušky kamene [2]

Investor na stavbách pozemních komunikací je oprávněn prověřovat kvalitu dodávaného kamene podle vlastního systému kontroly jakosti. Dané zkoušky provádí buď ve vlastní laboratoři, nebo je zadává u jiné akreditované laboratoři. [2]

3.4 Geometrie uložení

Plnění gabionové konstrukce můžeme provádět ručně, strojně nebo kombinací obou těchto metod. Způsob plnění musí být určen projektovou dokumentací. Při ručním plnění dosahujeme přesnějšího vyskládání, a tím dosáhneme menší mezerovitosti. Gabionová zeď pak má větší hmotnost a také lepší estetický vzhled líce stěny. Ovšem toto řešení je mnohem pracnější a realizace trvá delší dobu. Na druhou stranu při strojním plnění je postup výstavby rychlejší, avšak kameny dosahují mezi sebou větší mezerovitosti. Během plnění budoucí gabionové zdi musí zhotovitel neustále sledovat deformace a zabránit jim následným vypínáním drátěného pletiva. K dosažení rovinnosti líce zdi se používá lešenářských trubek jako provizorního bednění, které se na závěr odstraní. Z důvodu možného dodatečného sednutí se gabionové koše překládají o očekávané sednutí kamenné výplně. [2]

Na následujících obrázcích můžeme vidět různé úpravy vyskládání v líci gabionových košů. Používají se různé frakce, tvary, druhy, kombinace a úpravy hran kamene. Škála vyskládání může být opravdu pestrá, ale nejvíce záleží na kvalitě vyskládání. A výsledný efekt určitě stojí za to.



Obr. 18 – Geometrie uložení kamene

3.5 Změna vlastností kamene v čase

Tato podkapitola se zabývá změnou vlastností kamene, který byl použitý při výstavbě gabionové konstrukce na silnici I/37 spojující krajská města Pardubice a Hradec Králové. Na této komunikaci se nachází gabionová stěna o délce asi 250 metrů. Výška samotné konstrukce je asi 2 metry. Jako výplňový kámen byla použita žula z nedalekého lomu Chvaletice. Na těchto kamenech bude zkoumáno, zda jsou vhodné pro gabionovou konstrukci a zda splňují vlastnosti podle certifikátu předloženého jeho výrobcem. Na dalším obrázku je vidět gabion a část, ze kterého se odebíraly vzorky pro laboratorní zkoušky.



Obr. 19 – Gabionová konstrukce (I/37 mezi Pardubicemi a Hradcem Králové)

U výstavby zmiňovaného gabionu byl použit výplňový kámen frakce 150/400. Zkoušky pro kámen z gabionu se měly provádět podle ČSN EN 13383/2 – Kámen pro vodní stavby. Bohužel vzhledem ke komplikovanému odebrání vzorků z gabionu a jejich velikosti, by se musel kámen technologicky zmenšit. To může probíhat pomocí nakladače, který ze lžice vysypává vzorek kamene do nádoby. Při vysypávání se musí všechny materiál zachytit v nádobě. Tento proces trvá, dokud se nedosáhne optimální velikosti vzorku. [25]

Zkoušky se proto prováděly podle příslušných norem na přírodní kámen, kdy se vzorky nařezaly na krychle. Další důvod zvolení zkoušek na přírodní kámen bylo to, že se zde posuzovala změna vlastností kamene po zmrazování a rozmrazování. Změna vlastností se zkoušela pomocí ČSN EN 1926, kde se zkouší pevnost v tlaku na krychlích (a ne na navážce podle normy ČSN EN 13383/2). Rozdíly jednotlivých zkoušek a postupů jsou vysvětleny v jednotlivých podkapitolách.



Obr. 20 – Řezání kamene na pile

Z důvodu přesnosti řezání se musely kameny klínkovat k pevné podložce, aby nedošlo při řezání k usmýknutí řezaného vzorku a jeho znehodnocení. Z jednotlivých kamenů se řezaly krychličky o hraně 50 mm s přesností na 5 mm. Přesnost řezání byla velice důležitá pro budoucí prováděné zkoušky na krychlích. Jelikož hrana krychle měla malé rozměry, práce si vyžádala značnou trpělivost kameníka. Krychle musí mít ploché pravidelné stěny, ostré hrany a žádné trhlinky. Na následujícím obrázku můžeme vidět několik nařezaných krychliček, které splňovaly parametry pro dané zkoušky.



Obr. 21 – Nařezané krychličky

Stáří gabionové konstrukce a tím pádem i jednotlivých vzorků jsou 4 roky. Na všech 17-ti nařezaných krychličkách byly provedeny laboratorní zkoušky a byly porovnávány s parametry uvedenými v certifikátu výrobce

3.5.1 Zkoušky objemové hmotnosti vysušeného vzorku

Zkouška objemové hmotnosti byla provedena dle ČSN EN 1936. Krychličky se nejprve vložily do sušárny, kde probíhalo sušení při teplotě $70 \pm 5^\circ\text{C}$. Sušení probíhá do té doby, dokud hmotnost krychle nedosáhne v intervalu 24 hodin ustálené hmotnosti mezi dvěma následnými váženími než 0,1% hmotnosti zkušebního tělesa. Před vážením se vzorky musí nejprve vložit do exsikátoru, dokud rozeřáté krychle nedosáhnou pokojové teploty. Zkoušený kámen tohoto typu má minimální pórovitost. Dá se předpokládat, že objemová hmotnost se bude rovnat měrné hmotnosti, a tak stačí vzorek změřit a zvážit ve vysušeném stavu. [13]

Krychle byly měřeny digitálním posuvným měřítkem s přesností na dvě desetiny milimetru (Obr. 22). U krychle byly měřeny dvě strany na jedné ploše a výška pro zjištění objemu.



Obr. 22 – Měření krychlí

Vážení probíhalo na digitálních váhách s přesností na dvě desetiny gramu, aby výsledky zkoušek byly co možná nejpresnější.



Obr. 23 – Vážení krychlí

Poznámky: Z důvodu špatné viditelnosti na displeji byla navážená hodnota přepsána.

Z těchto naměřených hodnot byla počítána objemová hmotnost podle vztahu, který se vyjádří jako poměr hmotnosti vysušeného vzorku m_d a jeho objemu V :

$$\rho = \frac{m_d}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Krychle řezané na diamantové pile se nedají uříznout s přesností na desetinu milimetru, a tak každá naměřená krychle měla jiný objem, a tudíž i hmotnost. Naměřené a zvážené hodnoty všech krychlí jsou v příloze 1. Z těchto hodnot byl vyjádřen průměr, aby se tato hodnota mohla porovnat s hodnotou uvedenou v certifikátu lomu Chvaletice. Hodnota objemové hmotnosti zjištěná podle ČSN EN 1097-6.

	Vypočtené hodnoty	ČSN EN 13383/2, kapitola 8	Certifikát lomu Chvaletice*
Objemová hmotnost	2,69Mg/m ³	≥2,3Mg/m ³	2,67Mg/m ³

Tab.5 – Porovnání objemové hmotnosti

*Certifikát lomu Chvaletice uveden v příloze 5.

3.5.2 Zkouška nasákavosti

Zkouška nasákavosti byla provedena dle ČSN EN 13755 (ale měla být dle TKP 30 z r. 2010, dle ČSN EN 13383-2) z důvodu uvedeném v kapitole 3.5. V následujících odstavcích jsou uvedeny rozdíly mezi těmito normami.

Nasákavost podle ČSN EN 13383/2 – Kámen pro vodní stavby se zkouší na navážkách o hmotnosti 150 – 450 g. Přípravená zkušební navážka se vloží do nádoby a ponechá se zcela ponořená. Pak se navážka vloží do drátěného koše, který je zavěšen na váze. Zcela se ponoří do vody a zjistí se zdánlivá hmotnost zkušební navážky ve vodě. Pak se zváží vytažená zkušební navážka z vody otřená vlhkou jelení kůží. Dále probíhá zvážení vysušené navážky. Princip výpočtu je stejný jako u ČSN EN 1936, který se stanoví poměrem vysušeného vzorku a nasyceného vzorku. [25]

Podstatou normy ČSN EN 1936 je zjištění poměru hmotnosti vody nasáklé každým zkušebním tělesem během zkušební doby a hmotnosti vysušeného zkušebního tělesa. Hmotnost vysušeného vzorku byla zjištěna při zkoušce objemové hmotnosti m_d . Potom se rychle ponoří do vody, aby byla zjištěna hmotnost nasyceného vzorku m_s . Výsledky nasákavosti se vyjádří v procentech. [14]

Při zjišťování hmotnosti nasyceného zkušebního tělesa se musí vzorky vložit do nádoby obsahující podpěry, aby vzorky byly zaplaveny ze všech stran vodou. Jednotlivé zkušební vzorky musí být od sebe vzdáleny nejméně 15mm. Po této přípravě se vlije voda o teplotě 20 ± 10 °C do poloviny výšky zkušebních těles. Asi po jedné hodině se přidává voda do tří čtvrtin výšky vzorků. Po dvou hodinách se přileje tolik vody, aby vzorky byly zcela ponořeny do hloubky 25 ± 5 mm. Konečnou fázi můžeme vidět na obrázku číslo 24. [14]



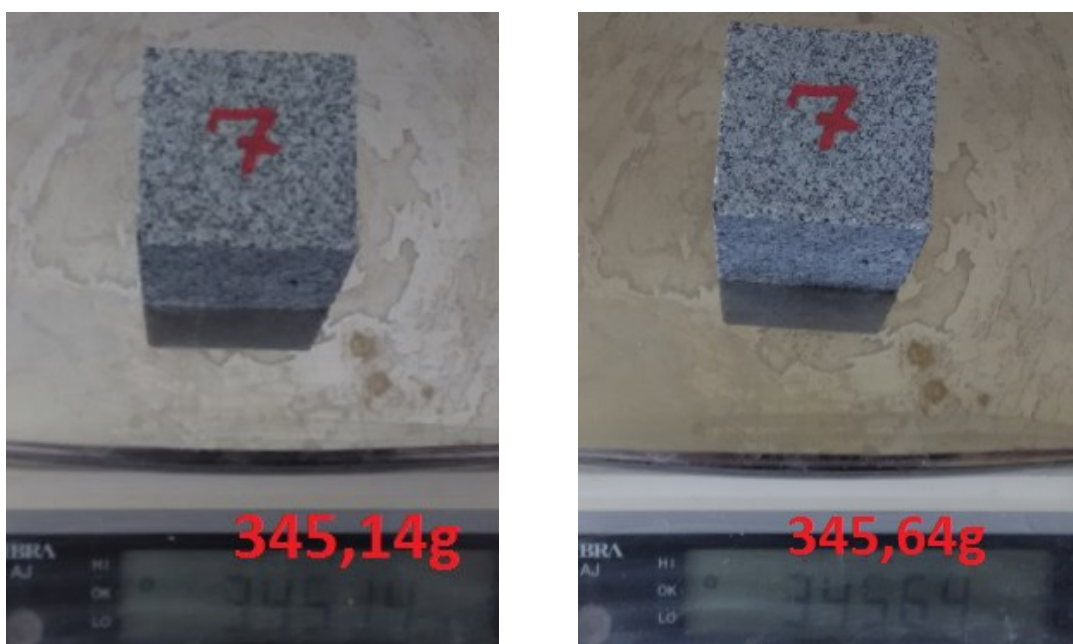
Obr. 24 – Zkušební tělesa ponořené ve vodě

Ponořené vzorky se po 48 hodinách vyjmou z vody, rychle otřou vlhkou látkou a poté se zváží během 1 minuty s přesností 0,01 g. Dále se zkušební vzorky opět ponoří do vody a pokračuje se ve zkoušce. Každých 24 hodiny se tělesa vyjmou z vody, rychle se otřou vlhkou látkou a zváží během 1 minuty s přesností na 0,01 g. Ve zkoušce se pokračuje do dosažení ustálené hmotnosti zkušebních těles. Ustálené hmotnosti je dosaženo tehdy, když následná vážení nejsou větší než 0,1% hmotnosti tělesa. Výsledek posledního vážení představuje hmotnost nasyceného zkušebního vzorku vodou m_s . [14]

Nasákavost vodou za atmosférického tlaku A_b se vypočte podle vztahu:

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} * 100 \text{ [%]}$$

Zaznamenané výsledky nasákavosti jednotlivých krychlí se nachází v příloze 2. Rozdíly hmotností mezi vysušeným vzorkem a vzorkem nasyceným vodou jsou malé. Jelikož zkušební vzorek je kvalitní, má malou nasákavost a téměř žádné vnitřní póry. Rozdíly hmotností jsou na následujících obrázcích, kde je hmotnost vysušeného vzorku (vlevo) a nasyceného vzorku vodou (vpravo).



Obr. 25 – Hmotnost vysušeného a nasyceného vzorku

	Zjištěné hodnoty	Certifikát lomu Chvaletice*	Kapitola 30 - TKP
Nasákavost	0,15%	$\leq 1,5\%$	max. 0,5%

Tab.6 – Porovnání výsledků nasákavosti

*Certifikát lomu Chvaletice uveden v příloze 5.

V certifikátu lomu Chvaletice je uvedena hodnota nasákavosti kamene do 1,5% dle ČSN EN 1097-6). Při zjišťování nasákavosti odebraných vzorků byla vypočtena průměrná nasákavost 0,15%. Z toho vyplývá, že daný vzorek vyhovuje parametrům uvedeným v certifikátu lomu. Rovněž vyplývá, že splňuje požadavky na kámen do gabionové konstrukce dle TKP 30. Závěrem lze také říci, že klimatické ani atmosférické vlivy neměly negativní dopad na nasákavost kamene.

3.5.3 Odolnost proti zmrazování a rozmrazování

Zkouška odolnosti proti zmrazování a rozmrazování se provedla dle ČSN EN 12371 (měla se provést dle ČSN EN 13383-2 – Kámen pro vodní stavby) z důvodu zjišťování změn

vlastností kamene vlivem zmrazování a rozmrazování, na které dále navazují zkoušky pevnosti v tlaku ČSN EN 1926. Zkoušky těchto norem se totiž provádějí na krychlích.

Odolnost proti zmrazování a rozmrazování zkušebních vzorků z přírodního kamene se stanovuje zkouškou zahrnující cykly zmrazování na vzduchu a rozmrazování ve vodě. Pro tuto zkoušku bylo vybráno osm reprezentativních krychlí a 1 pro sledování středové teploty. Zkušební vzorky byly vloženy do mrazicího boxu KD20. [16]

Pro ČSN EN 13383-2 je postup založen na zkoušení zkušební navážky o různých hmotnostech 150-450g, 450g-10kg a 10kg-20kg. Je možné ve stejnou dobu zkoušet několik zkušebních navážek najednou. Jednotlivé navážky se nesmí dotýkat a po každém cyklu by se měly přemísťovat.[25]



Obr. 26 – Krychle umístěné v mrazicím boxu

Na obrázku vidíme osm zkušebních vzorků a jeden (světlá barva) pro zjišťování středové teploty. Vzorek pro zjišťování středové teploty nepochází ze vzorků odebraných z gabionové konstrukce. Tento vzorek slouží na katedře stavebních hmot k měření středové teploty. Při použití vzorku z gabionové konstrukce by došlo k jeho znehodnocení pro

nastávající zkoušku v prostém tlaku, neboť do vzorku se navrtává otvor asi 25 mm hluboký, a tím by bylo zkušební těleso poškozeno. Do vyvrtaného otvoru se umísťuje tepelné čidlo sloužící pro měření teploty uvnitř vzorku. Na povrchu musí být otvor dokonale utěsněn, aby nedošlo k proniknutí vody k tepelnému čidlu. Referenční těleso pro měření středové teploty se umísťuje mezi zkoušené vzorky a nikdy na kraj mrazicího boxu. Tepelná čidla jsou také umístěna volně v mrazicím boxu pro zjišťování průběžné teploty. [16]

U ČSN EN 13383-2 se za referenční těleso považuje nádoba opatřena víkem, ve které je kamenivo frakce 8/16 naplněné vodou. Umístění nádoby je ve středu mrazicího boxu. Teplota uvnitř referenčního bodu se udržuje podle předepsaných limitních teplot. [25]

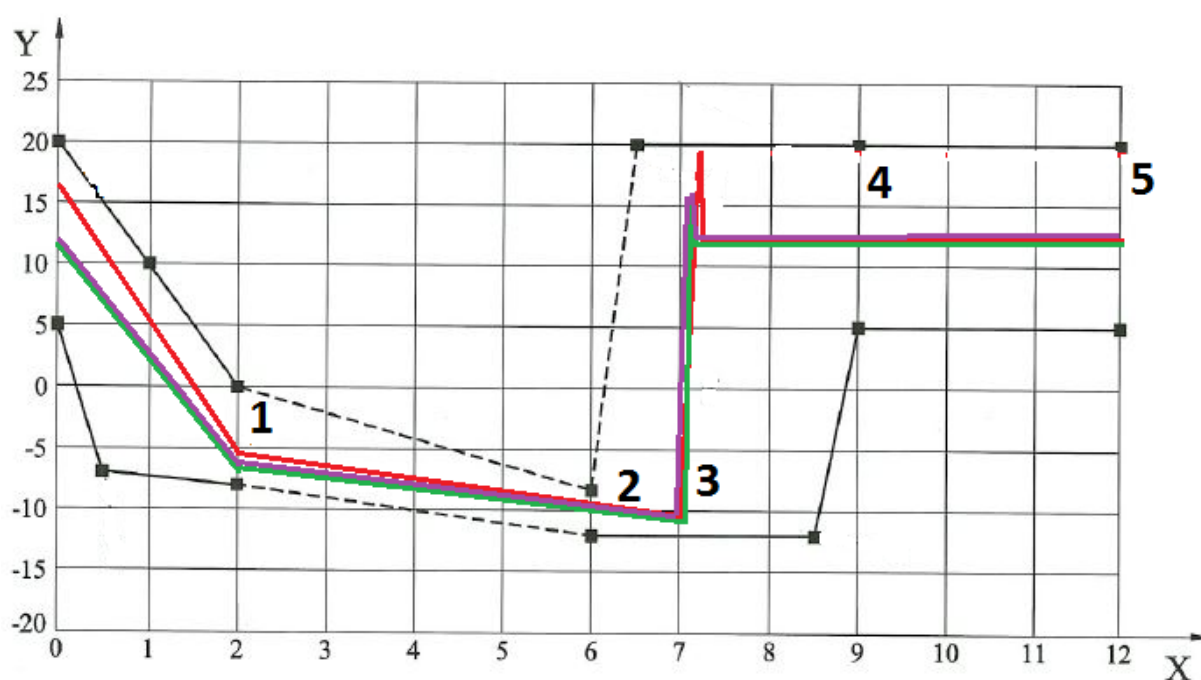
Krychle umístěné do mrazicího boxu se musí označit nesmazatelnými čísly. Před vložením do mrazicího zařízení se musí všechny vzorky prohlédnout, zaznamenat trhliny a vady na krychlích. Po provedení zkoušky se provádí vizuální kontrola zkušebních vzorků, a tak je nezbytné znát vzhled vzorků před zmrazováním a rozmrazováním. Vzdálenost krychlí mezi sebou musí být alespoň 10 mm a 20 mm od stěny mrazicího zařízení. [16]

Každý cyklus se skládá z 6-ti hodinového zmrazování na vzduchu a ze 6-ti hodinové fáze rozmrazování, ve které jsou zkušební tělesa zcela ponořena ve vodě. Tyto cykly se opakují do porušení vzorku nebo do určení maximálního počtu cyklů. Při zkoušení krychlí použitých na výstavbu gabionové konstrukce bylo stanoveno celkem 50 zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů. V průběhu zkoušení dochází ke změnám teploty v mrazicím zařízení. Rozsah povolených teplot vyplývá z rozdílných rychlostí ochlazování, zmrazování a rozmrazování, které souvisejí s objemovou hmotností, nasákavostí a pórovitostí zkoušeného vzorku. Tyto teplotní hodnoty znázorňuje tabulka níže. [16]

U ČSN EN 13383-2 se provádí jen 25 zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů. Další rozdíl je v zmrazování a rozmrazování, kdy se vzorek o teplotě $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ ochlazuje na teplotu -1°C během 150 ± 30 min a udržuje se po dobu 210 ± 30 min. Dále se teplota snižuje na $-17,5^{\circ}\text{C}$ během 180 ± 30 min a tato teplota se udržuje po dobu 240 min. Teplota nesmí klesnout pod -22°C . Po dokončení zmrazovacího cyklu se navážka nechá rozmrazit ve vodě o teplotě $20\pm 3^{\circ}\text{C}$. V této vodě může zůstat navážka po dobu maximálně 10 hod. Tento cyklus musí být dokončen během 24 hod. [25]

	Teplota ve středu sledovaného zkušebního vzorku	Čas
Začátek cyklu T_0	$\geq +5^{\circ}\text{C} \leq +20^{\circ}\text{C}$	T_0
Stadium 1	$\leq 0^{\circ}\text{C} \geq -8^{\circ}\text{C}$	$T_0 + 2,0\text{h}$
Stadium 2	$\leq -8^{\circ}\text{C} \geq -12^{\circ}\text{C}$	$T_0 + 6,0\text{h}$
Stadium 3 Za $T_0 + 6,5\text{h}$	Úplné ponoření	$T_0 + 6,5\text{h}$
Stadium 4	$\geq +5^{\circ}\text{C} \leq +20^{\circ}\text{C}$	Za $T_0 + 9,0\text{h}$
Stadium 5	$\geq +5^{\circ}\text{C} \leq +20^{\circ}\text{C}$	$T_0 + 12,0\text{h}$

Tab.7 – Stádia cyklů [16]



Obr. 27 – Zkušební cykly

Obrázek výše znázorňuje jednotlivé limitní hranice plnou a čárkovanou černou čarou, ve kterých se musí teplota a čas v mrazicím boxu pohybovat. Pokud se teplota kamene nepohybuje v daných mezích, musí se zařízení seřídít a jednotlivé odchylky by měly být zařazeny do protokolu. Na obrázku byly znázorněny barevnými čarami některé z 50-ti cyklů. Je vidět, že se mrazicí box pohyboval v předepsaných hodnotách. Vodorovná osa X představuje čas v hodinách a svislá osa Y představuje teplotu ve $^{\circ}\text{C}$.

Po proběhnutí všech cyklů se zkušební vzorky odeberou z mrazicího boxu a prochází vizuální kontrolou. Před vložením do mrazicího zařízení musely být vzorky dokonale

prohlédnuty, jak bylo řečeno dříve. Nyní se zkoumají změny na všech plochách a stěnách jednotlivých krychlí. Po dokonalém prohlédnutí vzorky nevykazují žádné trhlinky ani známky drolení. S jistotou lze říci, že se jedná o kvalitní materiál z gabionové stěny. [16]

Po dokončení cyklů se měří procentuální úbytek hmotnosti. Toto měření může odhalit minimální úbytek hmotnosti, který se nedá spatřit pouhým okem. Stanovení procentuálního úbytku hmotnosti se vypočítá ze vzorce:

$$\Delta m = \frac{(m_o - m_n) * 100}{m_o} [\%] \quad [16]$$

m_o ...hmotnost vysušeného vzorku před zmrazováním

m_n ...hmotnost vysušeného vzorku po 50-ti cyklech

Dle ČSN EN 13383-2 zkušební navážky vytažené z mrazicího boxu se stejně jako u normy ČSN EN 12371 kontrolují vizuálně a zjišťuje se procentuální úbytek hmotnosti. [25]

Pokud dojde k 30 % úbytku hmotnosti, dochází k poškození vzorku. Při tomto měření byl zaznamenán průměrný úbytek hmotnosti pouhých 0,06%. Výsledky jednotlivých měření jsou v příloze 3 - Stanovení procentuálního úbytku hmotnosti.

Závěrem lze říci, že u zkoušených vzorků nebylo zaznamenáno vizuální poškození ani úbytek hmotnosti. Z toho vyplývá, že zkoušený kámen má dostatečnou odolnost proti zmrazování a rozmrazování a je vhodný pro výstavbu gabionových konstrukcí.

Výsledkem této zkoušky bylo zjistit, jaký vliv má zmrazování a rozmrazování na pevnost kamene v prostém tlaku. V další podkapitole je porovnání pevnosti v prostém tlaku na krychlích před zkouškou odolnosti proti zmrazování a rozmrazování a na krychlích po zmrazování a rozmrazování. TKP požadují odolnost proti zmrazování a rozmrazování kategorii FT_A. Do této kategorie patří vzorky, u kterých jeden z prvních 10-ti zkoušených kusů může mít více než 0,5% ztráty hmotnosti nebo vytvoření otevřených trhlinek. Příloha 3 dokazuje, že se u zkušebních vzorků se nevyskytl téměř žádný úbytek hmotnosti.

3.5.4 Stanovení pevnosti v prostém tlaku

Stanovení pevnosti v prostém tlaku bylo provedeno dle ČSN EN 126, příloha A. Pro stanovení pevnosti v tlaku musí mít zkušební tělesa ploché strany s tolerancí 0,1 mm na 100 mm. Při řezání vzorků bylo apelováno na velkou přesnost, aby výsledné krychle splňovaly tyto normativní parametry. Zkušební tělesa musela být před zkoušením opět vysušena při teplotě $70 \pm 5^\circ\text{C}$ na ustálenou hmotnost. Před zkoušením se musí tělesa skladovat při teplotě $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Měření průřezu probíhá s přesností na 0,1 mm zprůměrováním dvou měření získaných kolmo na sebe přibližně v horní části a dvou měření v dolní části. Pro zjištění průřezu se musí použít aritmetický průměr mezi těmito měřeními. Z důvodu použití digitálního posuvného měřítka byla přesnost měření provedena na dvě desetiny mm. Po výpočtu průřezu se zkušební vzorky umístí do zkušebního lisu. Tlačné plochy zkušebního lisu se otřou, aby plochy byly čisté bez nečistot po předchozích zkouškách. Důležité je také očistit plochy zkušebního tělesa. Krychle se umísťují na střed tlačné plochy. Zatěžování na zkušební těleso probíhá konstantní rychlostí s přírůstkem napětí $1 \pm 0,5 \text{ MPa/s}$. [15]



Obr. 28 – Vložená krychle do zkušebního lisu

Pevnost v prostém tlaku R každého zkušebního tělesa se vyjádří jako poměr zatížení F [N] při porušení zkušebního tělesa a jeho plochy průřezu A [mm^2] před zkoušením pomocí vztahu: [15]

$$R = \frac{F}{A} [MPa] [15]$$

Výsledky se vyjadřují v megapascálech dvěma platnými desetinnými čísly a konečný průměrný výsledek se zaokrouhlí na nejbližší 1 MPa. [15]

Na pevnost v tlaku bylo zkoušeno celkem 16 zkušebních vzorků, které byly rozděleny do dvou skupin. Polovina krychlí byla vystavena 50-ti zmrazovacím cyklům v mrazicím zařízení. Druhá polovina byla naprosto nepoškozena jen vysušena po rozřezání a odebrání z gabionové konstrukce. Účelem této zkoušky bylo zjistit vliv mrazu a následného rozmrazování na pevnost krychlí. Jednotlivé zmrazovací cykly simulují nízké teploty, které jsou charakteristické pro období v zimních měsících. To může mít negativní vliv na pevnost kamene v konstrukci.

U 8 krychlí nevystaveným zmrazovacím cyklům byla naměřena průměrná pevnost v tlaku 272MPa. Naměřené pevnosti v tlaku jednotlivých krychlí jsou zaznamenány v příloze 4 - Stanovení pevnosti v prostém tlaku.

	KAPITOLA 30 - TKP	Certifikát lomu Chvaletice	Pevnost v tlaku nezmražené krychle
Pevnost v tlaku	kategorie CS60 (min. 60MPa)	269MPa	272 MPa

Tab.8 – Porovnání pevností v tlaku s nezmraženou krychlí

Při zkoušení krychlí na pevnost v prostém tlaku byla zaznamenána průměrná hodnota 272 MPa. To znamená, že pevnost kamene použitého do gabionu po čtyřech letech je totožná jako pevnost kamene, kterou udává certifikát lomu. Závěrem lze říci, že klimatické vlivy neměly negativní vliv na pevnost kamene a kámen v gabionové stěně je tedy neporušen.



Obr. 29 – Poškozená krychle

Ve skupině krychlí vystaveným zmrazovacím cyklům byla naměřena průměrná pevnost 259 MPa. Ostatní naměřené pevnosti je možné vidět v příloze 4 – Stanovení pevnosti v prostém tlaku. Pevnost u krychlí prošlých zmrazovacími cykly klesla o 13MPa, ale i přesto několikrát převyšuje požadavky TKP30 pro kámen do gabionů (min. 60 MPa). Z toho lze odvodit, že 50 zmrazovacích cyklů výrazně nezhoršilo pevnost v prostém tlaku použitého kamene v gabionové konstrukci. Teplotní výkyvy neohrožují stabilitu gabionové konstrukce ani pevnost použitého kamene (žula). Toto tvrzení ale neplatí pro kámen, který není vhodný do gabionů a má malou odolnost proti zmrazování a rozmrazování.

	KAPITOLA 30 - TKP	Certifikovat lomu Chvaletice	Pevnost v tlaku zmražené krychle
Pevnost v tlaku	kategorie CS60 (min. 60MPa)	269MPa	259 MPa

Tab.9 – Porovnání pevností v tlaku zmražených krychlí

Při porovnávání pevnosti v prostém tlaku vzorků kamene bylo zjištěno, že v gabionové konstrukci se po 4 letech provozu nachází kámen s pevností 272 MPa (po 50 zmrazovacích cyklech jeho pevnost klesla na 259 MPa). Tato hodnota bez problému splňuje požadavky TKP (min. 60 MPa).

Vhodnost použití jiných petrografických druhů kamene do gabionových konstrukcí nebyla zjišťována z důvodu vysoké finanční a časové náročnosti.

3.6 Petrografický typ

3.6.1 Charakteristika lomu Chvaletice

Vzorek kamene, který byl podroben zkouškám, pochází z lomu Chvaletice jihovýchodně od obce Chvaletice v kraji Pardubickém, okresu Pardubice. Toto ložisko je komunikačně přístupné ze silnice druhé třídy II/322 Kutná Hora – Přelouč a Kolín – Přelouč. Územní ložiska se rozprostírá na protáhlé rovině. Prostor ložiska je zalesněn smrkovým a borovým porostem.

Ložisko je součástí masivu chvaletické žuly, která vystupuje mezi podhořanským krystalinikem a železnohorským algonkiem. Severní část masivu chvaletické žuly vytváří uprostřed komplexu hornin předložiskového oddílu algonkia tři výběžky, oddělené na povrchu zbytky kontaktně metamorfovaných hornin jejího pláště. Tyto tři pruhy jsou navzájem texturně odlišné, v jižním okolí Chvaletic splývají v jednotný, poměrně dosti rozsáhlý masiv. V bezprostředním nadloží podhořanského krystalinika vystupuje pruh silně usměrněných hornin, místy s výrazným migmatitickým charakterem. [20]

Hlavním horninovým typem masivu chvaletické žuly jsou lehce narůžovělé až načervenalé, středně zrnité, slabě porfyrické, biotitické žuly. Věsměrné typy biotitické žuly se vyznačují velmi silnou kataklázou až mylonitizací. Při okrajích intruze a podél převážné většiny směrných dislokací mají biotitické žuly slabě rulový vzhled. [20]

Kromě dvou základních horninových typů jsou ve chvaletickém masivu zastoupeny biotiticko-amfibolické granodiority, žulové porfyry, aplitické žuly, aplity a lamprofyry. Tyto horniny buď přímo vystupují ve chvaletickém masivu nebo jsou koncentrovány v jeho plášti. [20]

3.6.2 Petrografická charakteristika jednotlivých horninových typů

Biotitická žula je nejvíce zastoupeným horninovým typem na ložisku. Je středně zrnitá až hrubozrná a slabě porfyrická. Po petrografické stránce je velmi jednotvárná. Rozdíly jsou téměř jen ve velikosti zrna a v proměnlivém stupni tektonického namožení. Zbarvení horniny je za čerstva růžově šedá až šedá, slabě šedá skvrnitá. Postupným zvětráváním získává poměrně rychle žluté až nazelenalé barevné odstíny. Hlavními minerálními složkami jsou křemen, živce, podřadně biotit, jílové minerály, sericit. [20]

Žilné diferenciáty. Z žilných hornin byly v lokalitě lomu Chvaletice zjištěny aplitické žuly až aplity, biotitický křemitý diorit a křemenný dioritový porfyr, epidotický amfibolit a lamprofyr. [20]

Xenolity: V biotitické žule bylo zjištěno velké množství rozměrově různě velkých a petrograficky odlišných xenolitů hornin pláště žulového masivu. Řeč je zejména o karbonizované epidotické biotitické břidlici, biotitické až amfibolicko-biotitické rule a biotitické svorové rule. Styk xenolitů a biotitické žuly není zpravidla ostrý. [20]

3.6.3 Makropetrografický popis zkušebního vzorku

Makropetrografický popis vzorku provedl doc. RNDr. Pavel Pospíšil, Ph.D.

Barva:	světle šedá
Minerální složení:	živce, křemen, biotit (procentuálně stejné zastoupení)
Struktura:	všesměrná, kompaktní, stejnoměrně zrnitá
Velikost zrn:	do 1 mm – jemně zrnitá
Původ horniny:	magmatická – plutonická
Název:	granitoid – granit (žula)
Stáří:	kambro ordovické
Stav:	vzorek je naprosto zdravý



Obr. 30 – Vzorky pro makropetrografický popis

Poznámky: Na těchto úlomcích byl proveden makropetrografický popis. Z petrografického hlediska můžeme konstatovat, že vzorky jsou kvalitní a vhodné do gabionové konstrukce, jak potvrzují laboratorní zkoušky.

3.7 Výpočet gabionové stěny se změnou vlastností kamene

V této části byl proveden výpočet gabionové stěny. Geometrie, výplňový kámen, pevnost sítí, okolní zemina a základová půda byla použita ze získaných podkladů pro gabionovou zeď realizovanou na pozemní komunikaci I/37 mezi Pardubicemi a Hradcem Králové. Z této zdi byly odebrány vzorky kamene pro určení vlastností laboratorními zkouškami. Na začátku byl modelován gabion naprosto nepoškozený, na kterém se ještě nepodepsaly místní podmínky (atmosférické a klimatické vlivy). V případě použití například zvětralého kameniva může časem k vysypávání a drolení výplně z konstrukce, neboť kámen ztrácí svoji pevnost. To se projevuje na hmotnosti celé konstrukce a také se zmenšuje úhel vnitřního tření. Dochází pak ke snižování stability. Tento proces bude demonstrován na následujícím příkladu, kde bude porovnána počáteční stabilita zdravého gabionu a na gabionu se zvětrávajícím kamenivem, ve kterém vznikají trhliny, a kámen se vydroluje z konstrukce.

Tento proces ukazuje obrázek, který byl pořízen na jednom ze stavebních objektů na dálnici D1 s křižující se komunikací I/11 – Rudná.



Obr. 31 – Vydrolení kamene z gabionu (na trase dálnice D1 s křižící se komunikací I/11 – Rudná)

Získané parametry gabionové stěny:

Drátokamenná konstrukce: výška 2m se sklonem 10:1, skládající se z košů 2x1x1 (spodní vrstva) a 1x1x1 (horní vrstva), výplň kamenem 150/400

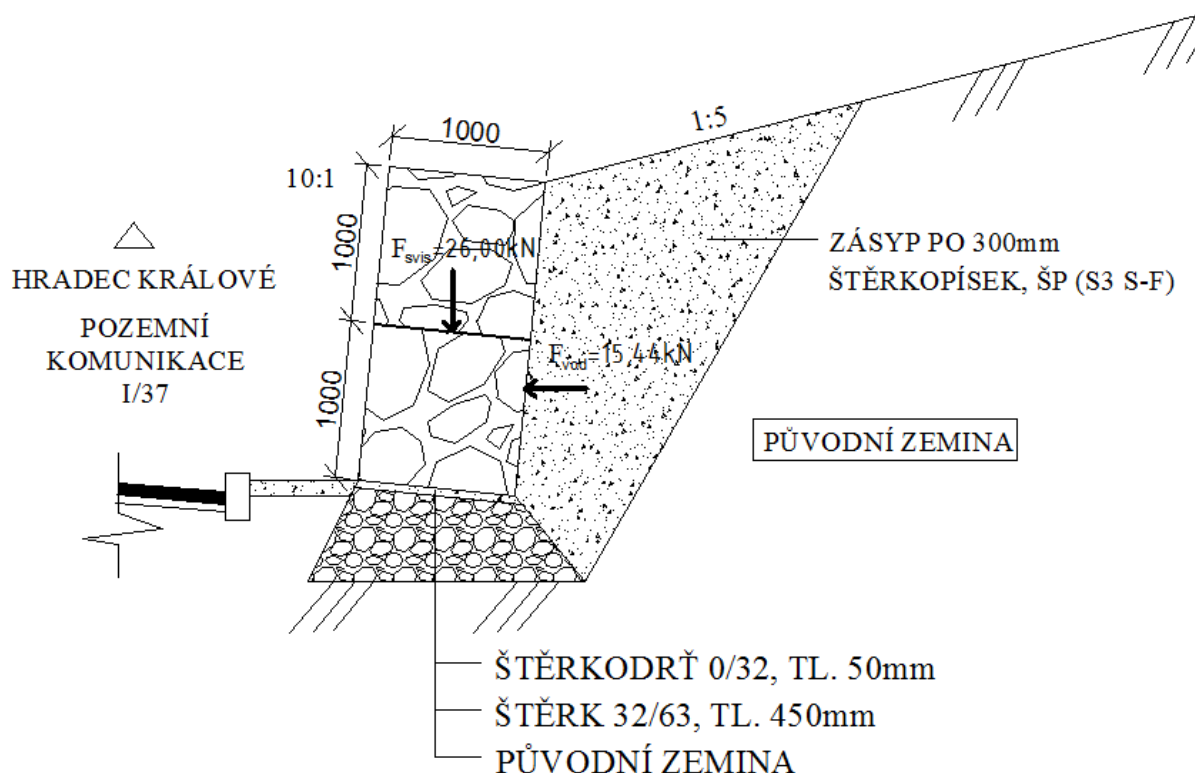
Pletivové koše: Ø3,92 mm, tahová pevnost sítě 67,3 kN/m, pevnost svárů ve smyku 65,3 kN

Zásyp: ze štěrkopísku ŠP (S3 S-F), $\rho=1900\text{kg/m}^3$, optimální vlhkost $w=12,5\%$

Základová vrstva: štěrk 32/63 tl. 450 mm, dorovnání ze štěrkodeřti 0/32 tl. 50 mm

K výpočtu a vyhodnocení výsledků poslouží statický software GEO5, který řeší mimo jiné také gabionové konstrukce. Do programu se zadají všechny tyto známé parametry a software provede výpočet a posouzení. Do GEO5 byly zadávány změny vlastností (objemová

hmotnost, úhel vnitřního tření) výplňového kamene a bylo zjišťováno, kdy dojde k porušení stability.



Obr. 32 – Modelovaný gabion

Poznámky: Jelikož výstupy pohledů v programu GEO5 nebyly tak estetické a technicky popsané, pro větší přehlednost byly poupraveny v AutoCADu. Na obrázku jsou vidět všechny vstupní parametry, které jsou potřeba při navrhování gabionu a také vypočtené výsledné síly. Síla $F_{svis}=26$ kN značí tíhu od gabionové zdi a $F_{vod}=15,44$ kN značí aktivní tlak od zeminy.

Následující tabulka ukazuje, že postupným vydrolováním kamene z gabionu se postupně snižuje tíha celkové konstrukce, která odolává aktivním zemním tlakům. V případě, kdy dojde k úbytku hmotností na 1300 kg/m^3 gabionu, program GEO5 vyhodnotil zeď jako nestabilní na posunutí. Úhel vnitřního tření byl snižován úměrně ke změně objemové hmotnosti, neboť postupným vysypáváním kameniva dochází ke snižování tření mezi jednotlivými kameny uloženými mezi sebou.

Objemová hmotnost [kg/m ³]	Úhel vnitřního tření φ [°]	Posouzení celé zdi		Posouzení únosnosti	
		Překlopení	Posunutí	Excentricita	Zákl. půda
1700	30	50,5%	75,5%	70,0%	18,6%
1600	28	53,9%	81,3%	76,0%	18,2%
1500	26	57,9%	88,0%	82,8%	18,0%
1400	24	62,4%	95,5%	85,8%	18,4%
1300	22	67,7%	104,2%	94,4%	19,6%

Tab.10 – Posouzení celé zdi a únosnosti základové půdy

V další tabulce je posudek pracovní spáry nad posuzovaným základovým blokem uloženým na základové spáře. Jelikož zeď není vysoká, tak pracovní spára vyhoví podle všech posuzovaných kritérií. Výslednice sil $F_{\text{svis}}=13,00$ kN a $F_{\text{vod}}=3,86$ kN jsou menší, protože uvažujeme pouze se zatížením horního bloku a zeminy v této úrovni.

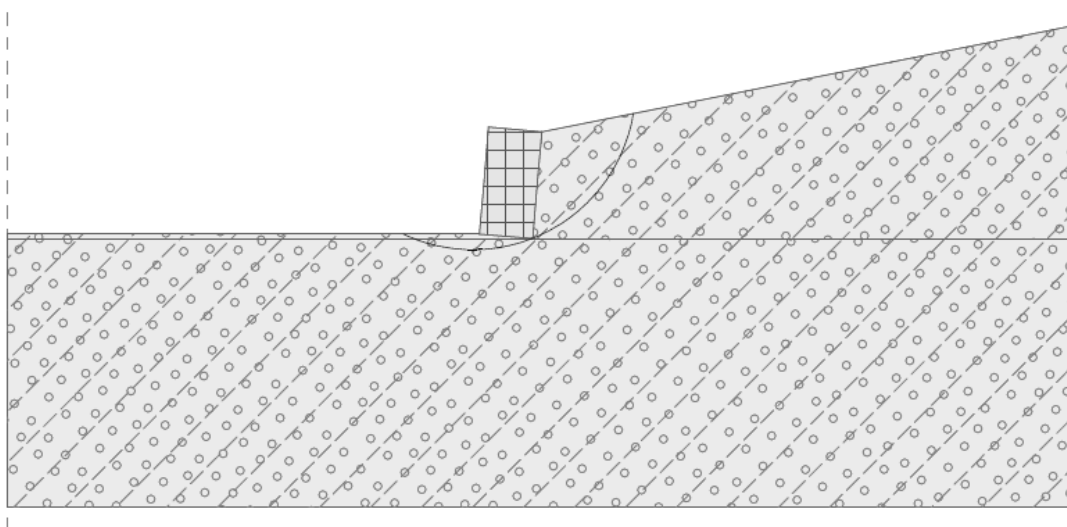
Objemová hmotnost [kg/m ³]	Úhel vnitřního tření φ [°]	Posouzení pracovní spáry			
		Překlopení	Posunutí	Boční tlak	Spára mezi bloky
1700	30	11,2%	26,2%	10,2%	9,9%
1600	28	11,9%	31,3%	10,3%	10,0%
1500	26	12,7%	37,5%	10,4%	10,1%
1400	24	13,7%	45,5%	10,4%	10,1%
1300	22	14,8%	55,6%	10,4%	10,1%

Tab.11 – Posouzení pracovní spáry nad spodním blokem (první vrstvou)

Na základě výsledků lze říci, že tento gabion je nejnáchylnější na posunutí spodního bloku v základové spoře. V případě použití zvětřelého kamene do této konstrukce při hmotnostní ztrátě 400 kg/m³ může dojít k nadměrnému posunutí konstrukce. U gabionů s větší výškou se tato úbytková hmotnost může měnit, kdy dojde k porušení konstrukce. Jelikož do této posuzované konstrukce bylo použito kvalitní kamenivo, nehrozí vydrolování a

případná deformace konstrukce. Tento modelovaný příklad ale nedokazuje skutečné chování gabionu při úbytku hmotnosti. Jedná se pouze o parametrickou studii, která by mohla nastat při snížení hmotnosti konstrukce. Cílem bylo ukázat chování a konečný vliv na stabilitu.

Při posuzování je také důležité klást důraz na stabilitu svahu. Pro určení stability svahu byly použity stejné parametry zemin a konstrukce jako u posouzení gabionové zdi. Výpočet byl proveden podle EN 1997 dle metody Bishopa na kruhové smykové ploše. Výsledky ukázaly, že svah bude využit z 90%. U dalšího výpočtu podle stupně bezpečnosti bylo zjištěno, že poměr pasivních a aktivních sil je 1,4. Gabioná stěna při hmotnosti 1300kg/m^3 nesplňuje danou podmínku stupně bezpečnosti $FS = 1,4 > FS_{\text{req}} = 1,5$ a svah je nestabilní.



Obr. 33 – Stabilita svahu

4. VYHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

4.1 Doporučení pro účastníky výstavby

Při psaní diplomové práce bylo zjištěno, že dlouhodobá životnost gabionů a tedy i výplňového materiálu závisí na mnoha aspektech. Tu mohou ovlivnit převážně investoři, projektanti a zhotovitelé. V případě použití kvalitního kameniva do gabionu nebo dokonalé geometrie uložení mohou přesto vzniknout poruchy v těchto konstrukcích. Je velice důležité, aby všechny zúčastněné osoby při výstavbě gabionů spolu úzce spolupracovaly a výsledkem byla stabilní a trvalá konstrukce.

4.1.1 Doporučení pro investory

Investor by měl poskytnout projektantovi podklady geologického a hydrogeologického průzkumu. I přes četné výhody gabionů oproti betonovým konstrukcím musíme podrobně znát údaje o místním prostředí. Je nutno také znát údaje o extrémních klimatických podmínkách, které by mohly ohrozit životnost stavby. Pro dané prostředí je důležité zvolit nejvhodnější variantu návrhu, která by měla být stabilní, ekonomická, estetická a ekologická. Požadavky na úroveň vzhledu ovlivňuje umístění gabionu. Tuto úroveň vzhledu ovlivňuje úhel pohledu pozorovatele z pohledu vozidla nebo kolemjdoucího chodce, neboť detaily či případné nerovnosti nebývají vidět. Podle tohoto hlediska se investor musí rozhodnout, jaký typ kameniva do gabionu a způsob opracování jeho povrchu je nevhodnější. V některých případech bývá příliš vysoká kvalita provedení zbytečná, protože ji nemá kdo ocenit z důvodů výše uvedených. Investorovo rozhodnutí ohledně použitého typu materiálu musí splňovat požadavky na dodávaný kámen podle TKP 30 (pro stavby pozemních komunikací).

4.1.2 Doporučení pro projektanty

Před samotným návrhem gabionu by projektant měl trvat na dostatečných podkladech v podobě podrobného geologického průzkumu a na údajích o extrémních podmínkách v dané lokalitě. Dále by měl požadovat informace od investora, které jsou důležité pro návrh gabionové konstrukce. Projektant by měl znát termín výstavby, dobu výstavby a provázanost s okolními objekty, které mohou ovlivnit variantu návrhu. Měl by také komunikovat s dodavatelem gabionů, případně s realizátorem.

4.1.3 Doporučení pro zhotovitele

Zhotovitel by se měl, pokud je to možné, podílet na realizační dokumentaci. Podle této dokumentace by se měl řídit při výstavbě. V případě provádění změn vlivem odlišností v terénu nebo geologických podmínek musí uvědomit projektanta a investora. Dovážený výplňový materiál musí zhotovitel kontrolovat podle TKP 30 (na stavbách pozemních komunikací). Dále se zavazuje, že všechny provedené práce budou provedeny v kvalitě podle projektové dokumentace. Velkou roli hraje kvalitní založení základové spáry a vyskládání kamene do gabionu kvalifikovanou osobou. Kombinací dobře provedených prací na gabionové konstrukci se zvyšuje stabilita a také životnost. Tyto přednosti ocení hlavně

spokojeny investor a zhotovitel, neboť nemusí zvyšovat své náklady na opravu poruchové konstrukci.

4.2 Ekonomické hledisko

Gabionové konstrukce bývají ekonomicky méně náročné než stavby betonové, avšak v jiných případech se toto hledisko může lišit. Cenu ovlivňuje především dostupnost kamene dováženého na stavbu z blízkého lomu. V případě výstavby v lokalitě, kde se nenachází žádné vhodné lomy na kámen, se může výstavba finančně prodražit v důsledku nákladní dopravy. Peníze na stavbě také ušetří suchá výstavba, neboť konstrukce je okamžitě únosná, a tak se ušetří čas při výstavbě. V případě špatného určení místních podmínek se výstavba gabionu může v některých případech ještě prodražit. Po správné realizaci by tato stavba měla být naprosto bezúdržbová a měla by sloužit řadu let. S výstavbou gabionů se vyhne investor dalším nákladům za případné údržbové práce.

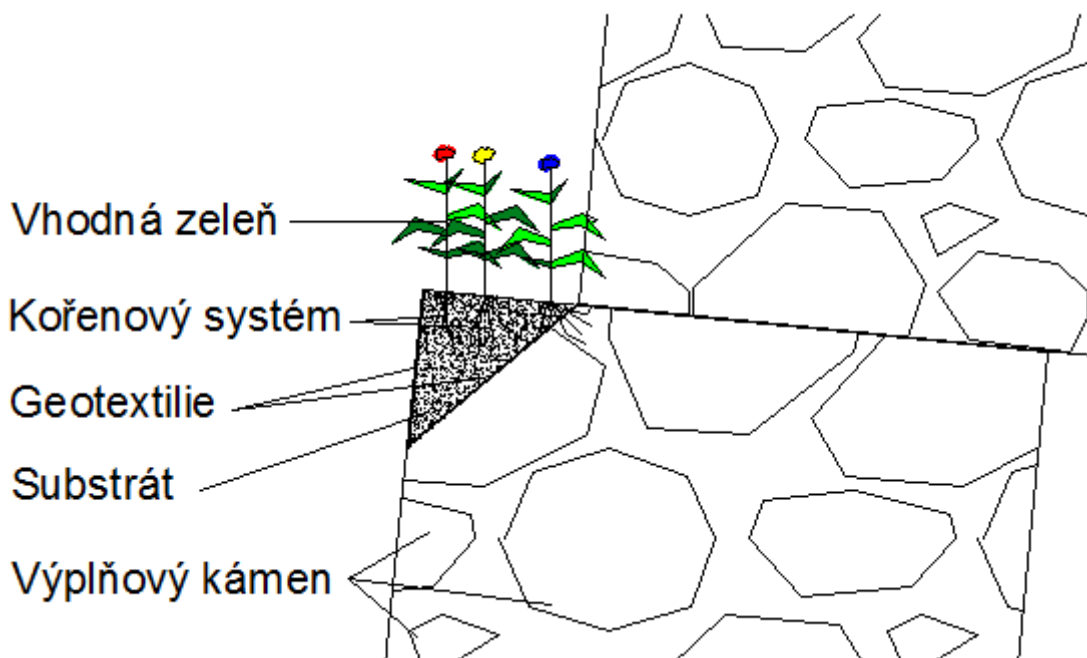
4.3 Zvýšení životnosti gabionu

Pokud se do výplně koše použije kvalitní kamenivo, které radikálně nezmění své vlastnosti za řadu desítek let provozu, hrozí dříve zkorodování a ztracení pevnosti pletiva (výrobce uvádí až 50 -70 let) sítě nesoucí tvar gabionu. [22]



Obr. 34 – Korodující síť gabionu (stáří 20 let) [23]

Nosnou funkci po zkorodování výztuže by měla převzít osázená vhodná zeleň. Teorie je taková, že kořenový systém zeleně by měl prorůst póry mezi jednotlivými kameny. Takto dojde ke zpevnění konstrukce. Ozelenění se může provádět buď osázením rostlin do substrátu jednotlivých stupňů, nebo do kapes vyložených geotextilií.



Obr. 35 – Ozelenění gabionu

4.4 Změna vlastností kamene

Při studování odborných článků a zkoumání již realizovaných gabionů bylo zjištěno, že na změnu vlastností kamene má vliv několik faktorů. V první řadě vlastnosti ovlivňuje místní atmosférické a klimatické podmínky. Z těchto podmínek vyplývá převážně působení dešťů (např. kyselých), povětrnosti, mrazů a časté střídání těchto kombinací. Špatná geometrie vyskládání zapříčiňuje zvýšení tlaku na jednotlivé kameny, neboť se síly špatně roznášejí v jednotlivých částech konstrukce. Na kamenivu se tvoří trhliny a postupem času dochází k úplnému prasknutí po celé ploše (Obr. 36). Na degradaci kamene v gabionech realizovaných podél pozemních komunikací může mít také vliv posypová sůl v zimních měsících.



Obr. 36 – Prasknutí kamene v celé ploše (na trase dálnice D1 s křížicí se komunikací I/11
– Rudná)

4.5 Poruchy na gabionech

Gabionová konstrukce je sama o sobě neporuchová konstrukce, na kterou se můžeme spolehnout. Ale na špatně navržených nebo nevhodně realizovaných gabionech se projevují poruchy v podobě různých deformací. Poruchy bývají způsobeny z několika příčin. Vznikají vlivem špatného založení základové spáry, nevhodného vyskládání výplňového kamene, špatného navržení geometrie konstrukce, nebo použití nekvalitního zásypového materiálu a mnoha dalších příčin. Deformace na gabionu (Obr. 37) snižují celkovou estetickou stránku konstrukce. Stupeň porušení musí posoudit kvalifikovaný geotechnik. Ten by měl nařídít pravidelné vizuální kontroly kvůli případným změnám v gabionu nebo monitoring. Osazením několika měřících bodů do gabionu se zjistí, zda deformace probíhá dál. V mnohých případech tyto deformace mívají jen vizuální charakter a není důvod k obavám se stabilitou zdi. Ve stavu, kdy dochází k deformacím konstrukce, se může poškodit protikorozní ochrana na síti koše. Poškození způsobují kameny tlačící na tuto síť, která se může povrchově poškodit, a tím se spustí začátek koroze. Napadením koroze se snižuje stabilita jednotlivých drátů a také se snižuje jejich únosnost.



Obr. 37 – Deformace na gabionu způsobená tíhou nadložních košů

5. ZÁVĚR

V diplomové práci byla řešena problematika gabionových konstrukcí s důrazem na vlastnosti jejich výplně - kamene. Byly zjišťovány dlouhodobé změny (odolnost proti zmrazování a rozmrazování, nasákavost, pevnost v prostém tlaku a objemová hmotnost) vlastností kamene odebraného z gabionové konstrukce. Na závěr byl proveden výpočetní model gabionu a vyhodnocení dosažených výsledků.

Laboratorní zkoušky prováděné na kameni z gabionů se měly provádět podle ČSN EN 13383/2 – Kámen pro vodní stavby. Bohužel vzhledem ke komplikovanému odebírání vzorků z gabionu a jejich velikosti, by se větší kámen musel technologicky drtit podle druhu příslušné zkoušky. Zkoušky se proto prováděly podle norem na přírodní kámen. Tento kámen se rovněž použil pro pevnost v tlaku dle ČSN EN 1926.

Při provádění jednotlivých zkoušek na zkušebních vzorcích, které byly odebrány z gabionové zdi mezi Pardubicemi a Hradcem Králové, nebyly zjištěny žádné známky opotřebení. Použitím kvalitního výplňového kamene z nedalekého lomu ve Chvaleticích se zajistilo, že gabion dobře odolává místním podmínkám. V některých lokalitách České republiky, bohužel, není dostatek lomů na kvalitní kámen. Je tedy lepší se výstavbě těchto gabionových zdí vyhnout, především z hlediska bezpečnosti a dát tak přednost spíše betonovým stěnám.

Tato práce by se mohla dále rozšířit o průzkum dalších gabionových stěn, kde se použil jiný druh výplně. Výsledkem by bylo zjištění závislosti petrografického typu kamene na změnách jeho vlastností v čase, V současné době není totiž žádné možné srovnání s jinou konstrukcí. Diplomová práce se zabývala z důvodu časového a finančního pouze jedním druhem kamene konkrétně žulou. Zjištění je, že tento kámen je mimořádně vhodný pro gabionové stěny z hlediska kvality ale rovněž i estetiky. Výsledná stavba se ovšem prodrazí, neboť žulový kámen bývá ve srovnání s jinými druhy kamene dražší.

6. Seznam obrázků

Obr.1 – Použití gabionů v historii (Doc. RNDr. František Kresta).....	2
Obr.2 - Gabionová matrace [7].....	3
Obr. 3 – Schématický gabionový koš [6]	4
Obr.4 – Opěrný gabion mezi pozemní komunikací a vodotečí (Stará Bělá) [8]	5
Obr.5 – Gabion ve výstavbě (komunikace I/11 v obci Mokré Lazce mezi Opavou a Ostravou).	6
Obr.6 – Obložení čela propustku pomocí gabionu [12]	7
Obr.7 - Gabionové pletivo	9
Obr.8 - Vázaný koš [2] (Vpravo detail spojení drátů).....	11
Obr.9 – Vázaná gabionová matrace [2] (Vpravo detail spojení drátů).....	12
Obr10 - Svařovaný gabion [2] (Vpravo detail svaru mezi dráty).....	12
Obr.11 – Umístění gabionu na základovou spáru (vlevo ilustrační obrázek, vpravo založení gabionu na betonovém základu na silnici I/11 v obci Mokré Lazce mezi Opavou a Ostravou).....	14
Obr.12 – Sestavování gabionu [10]	15
Obr.13 – Výstavba gabionu (Opěrný gabion ve Zlaté Olešnici) [21]	15
Obr.14 - Vyztužení gabionu sponami.....	16
Obr.15 – Zpětný zásyp [11].....	17
Obr.17 – Hrubost kamene v gabionu.....	25
Obr. 18 – Geometrie uložení kamene	28
Obr. 19 – Gabionová konstrukce (I/37 mezi Pardubicemi a Hradcem Králové)	29
Obr. 20 – Řezání kamene na pile.....	30
Obr. 21 – Nařezané krychličky.....	30
Obr. 22 – Měření krychlí	31
Obr. 23 – Vážení krychlí	32
Obr. 24 – Zkušební tělesa ponořené ve vodě	34
Obr. 25 – Hmotnost vysušeného a nasyceného vzorku	35
Obr. 26 – Krychle umístěné v mrazicím boxu	36
Obr. 27 – Zkušební cykly	38
Obr. 28 – Vložená krychle do zkušební lisu.....	40
Obr. 29 – Poškozená krychle.....	42
Obr. 30 – Vzorky pro makropetrografický popis	45

Obr. 31 – Vydrolení kamene z gabionu (na trase dálnice D1 s křížicí se komunikací I/11 – Rudná).....	46
Obr. 32 – Modelovaný gabion.....	47
Obr. 33 – Stabilita svahu	49
Obr. 34 – Korodující síť gabionu (stáří 20 let) [23]	51
Obr. 35 – Ozelenění gabionu.....	52
Obr. 36 – Prasknutí kamene v celé ploše (na trase dálnice D1 s křížicí se komunikací I/11 – Rudná).....	53
Obr. 37 – Deformace na gabionu způsobená tíhou nadložních košů	54

7. Seznam tabulek

Tab.1 – Rozměry ok pletených sítí a tloušťky drátu pro koše [2]	10
Tab.2 – Rozměry ok pletených sítí a tloušťky drátu pro matrace [2].....	11
Tab.3 – Průkazní zkoušky kamene [2]	26
Tab.4 – Kontrolní zkoušky kamene [2]	27
Tab.5 – Porovnání objemové hmotnosti.....	32
Tab.6 – Porovnání výsledků nasákavosti	35
Tab.7 – Stádia cyklů [16]	38
Tab.8 – Porovnání pevností v tlaku s nezmraženou krychlí.....	41
Tab.9 – Porovnání pevností v tlaku zmražených krychlí	42
Tab.10 – Posouzení celé zdi a únosnosti základové půdy.....	48
Tab.11 – Posouzení pracovní spáry nad spodním blokem (první vrstvou)	48

8. Seznam použitých pramenů

- [1] Gabiony. [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.gabiony.cz/historie/>
- [2] TKP 30. *Speciální zemní konstrukce: C. GABIONOVÉ (DRÁTOKAMENNÉ) KONSTRUKCE*. České Budějovice: GRAND, s.r.o., 2010.
- [3] Výhody gabionu. [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.gabiony.cz/>
- [4] ZEDNÍK, Ing. Petr. Gabiony. [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fce.vutbr.cz%2FFPKO%2F0M3%2Fpredn8%2Fgabiony.doc&ei=_nH5VP3HNsHaaLWugugH&usg=AFQjCNHIRQTlnu9F_9fXMuoasKsrrk19CYg&bvm=bv.87611401,d.d2s
- [5] Stavba gabionů. DOPS BOHEMIA TRADING S.R.O. [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: http://www.pletiva.com/vismo/dokumenty2.asp?id_org=600193&id=1038&p1=1023
- [6] ZEDNÍK, Petr. *Doporučení pro využívání gabionových konstrukcí v dopravním stavitelství*. Centrum dopravního výzkumu, 2005. ISBN 80-86502-22-8
- [7] GABIONY.CZ, s.r.o.: *fotogalerie gabionové matrace* [online]. [cit. 2015-08-12]. Dostupné z: <http://www.gabiony.cz/fotogalerie/dle-typu-gabionove-konstrukce/gabionove-matrace/#p7200659-jpg%29>
- [8] *Úpravy vodních toků* [online]. Autor Klára Šústková [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: http://hgfl0.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_loticky/uprava_images/image016.png
- [9] ČESKÉ STAVBY [online]. POJAR, Petr. 2013 [cit. 2015-08-27]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/jaky-kamen-je-vhodny-pro-gabiony-22442.html>
- [10] *Gabiony Stone s.r.o.: Technologický postup* [online]. 1.9.2013. [cit. 2015-08-27]. Dostupné z: http://www.kam-on.cz/CMS/Data/clanek_992/gabiony-technologicky-postup.pdf
- [11] *Algon a.s.: Technologický postup* [online]. [cit. 2015-09-01]. Dostupné z: <http://gabiony-protihlukove-steny-ocelove-konstrukce.algon.cz/dokumenty/pdf/TechnologickyPostup2.pdf>
- [12] *COMPAG SK s.r.o.: Gabionové stavební konstrukce* [online]. [cit. 2015-09-01]. Dostupné z: <http://www.compag.eu/gabion-to-je-kamen-a-kov.html>

- [13] ČSN EN 1936. *Zkušební metody přírodního kamene: Stanovení objemové hmotnosti a celkové a otevřené pórovitosti*. červenec 2007. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha.
- [14] ČSN EN 13755. *Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení nasákavosti vodou za atmosférického tlaku*. 2008. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha.
- [15] ČSN EN 1926. *Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku*. červenec 2007. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha.
- [16] ČSN EN 12371. *Zkušební metody přírodního kamene: Stanovení mrazuvzdornosti*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2010.
- [17] ČSN EN 1997-1. *Navrhování geotechnických konstrukcí*. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha. 2006.
- [18] MASOPUST, Jan. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí příručka k ČSN EN 1997*. 1. vyd. Praha: ČKAIT, 2012. 220 s. ISBN 978-80-87438-21-2
- [19] FINE SPOL. S R.O. *Posouzení gabionu* [online]. [cit. 2015-10-13]. Dostupné z: <http://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/posouzeni-gabionu-01/>
- [20] *Geologická, stratigrafická, petrografická a hydrogeologická charakteristika výhradního ložiska* [ing. František Flídr]. [cit. 2015-10-20]. Dostupné z: <http://granita.cz/kontakty.html>
- [21] *REPARE TRUTNOV s.r.o.: opravy komunikací* [online]. [cit. 2015-11-16]. Dostupné z: <http://www.repare.cz/inpage/vystavba-opernych-zdi/>
- [22] *GABIONY.CZ, s.r.o.: Životnost gabionových sítí* [online]. 2014 [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.gabiony.cz/>
- [23] *Hengistbury Head: Jižní Anglie* [online]. 14. 8. 2015, v 09:38 [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Hengistbury_Head#/media/File:Gabion-hengistbury-head.JPG
- [24] ČSN 73 6133: *Navrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha., 2010.
- [25] ČSN EN 13383-2. *Kámen pro vodní stavby - Část 2: Zkušební metody*. 01/2014

9. Seznam příloh

Z důvodu grafické úpravy diplomové práce byly počítané hodnoty zařazené do příloh.

9.1 Příloha 1 – Výpočet objemové hmotnosti

Objemová hmotnost [ρ]					
Číslo krychle	Rozměry			hmotnost [g]	Objemová hmotnost [kg/m ³]
	strana1 [mm]	strana2 [mm]	výška [mm]		
1	50,55	50,03	49,70	338,90	2696,27
2	50,05	50,53	50,10	339,84	2682,15
3	49,82	49,80	50,50	337,55	2694,10
4	51,23	49,90	49,80	341,93	2685,86
5	50,56	49,82	50,23	339,58	2683,91
6	49,60	50,40	49,90	335,11	2686,42
7	51,69	49,90	49,86	345,14	2683,71
8	49,72	50,72	49,87	338,43	2691,03
9	49,82	50,56	49,57	337,21	2700,67
10	49,91	50,98	49,83	340,23	2683,46
11	49,79	49,62	50,45	338,05	2712,19
12	50,34	49,62	49,87	336,00	2697,30
13	49,87	49,99	50,41	336,83	2680,23
14	50,80	49,90	49,83	340,00	2691,68
15	49,90	51,02	49,83	340,55	2684,41
16	50,57	49,80	49,72	337,28	2693,63
17	49,90	49,84	50,02	332,44	2672,34
Průměrná objemová hmotnost					2689,37

9.2 Příloha 2 – Výpočet nasákavosti

Nasákavost za atmosférického tlaku [A_b]			
Číslo krychle	Hmotnost vysušeného vzorku m_d [g]	Hmotnost nasyceného vzorku m_s [g]	Nasákavost [%]
1	338,90	339,44	0,16
2	339,84	340,39	0,16
3	337,55	338,08	0,16
4	341,93	342,43	0,15
5	339,58	340,12	0,16
6	335,11	335,62	0,15
7	345,14	345,64	0,14
8	338,43	338,87	0,13
9	337,21	337,71	0,15
10	340,23	340,73	0,15
11	338,05	338,62	0,17
12	336,00	336,53	0,16
13	336,83	337,31	0,14
14	340,00	340,36	0,11
15	340,55	341,05	0,15
16	337,28	337,77	0,15
17	332,44	332,91	0,14
Průměrná nasákavost krychle			0,15

9.3 Příloha 3 – Stanovení procentuálního úbytku hmotnosti

Procentuální úbytek hmotnosti Δm [%]			
Číslo krychle	Hmotnost ve vysušeném stavu před zmrazováním m_o [g]	Hmotnost ve vysušeném stavu po proběhnutí 50-ti cyklech m_n [g]	Úbytek hmotnosti [%]
9	337,21	337,18	0,01
10	340,23	340,21	0,01
11	338,05	338,04	0,00
12	336,00	336,00	0,00
13	336,83	336,78	0,01
14	340,00	339,93	0,02
15	340,55	340,55	0,00
16	337,28	337,25	0,01
Průměrný úbytek hmotnosti v %			0,06

9.4 Příloha 4 – Stanovení pevnosti v prostém tlaku

Stanovení pevnosti v prostém tlaku [R]					
Číslo krychle	strana1 [mm]	strana2 [mm]	Plocha krychle A [mm ²]	Zatížení při porušení vzorku F [kN]	Pevnost v tlaku [MPa]
1	50,55	50,03	2529,02	719,90	284,66
2	50,05	50,53	2529,03	668,50	264,33
3	49,82	49,80	2481,04	582,60	234,82
4	51,23	49,90	2556,38	709,30	277,46
5	50,56	49,82	2518,90	645,30	256,18
6	49,60	50,40	2499,84	731,50	292,62
7	51,69	49,90	2579,33	748,70	290,27
8	49,72	50,72	2521,80	697,80	276,71
Průměrná pevnost v tlaku					272

Stanovení pevnosti v prostém tlaku po zmražení [R]					
Číslo krychle	strana1 [mm]	strana2 [mm]	Plocha krychle A [mm ²]	Zatížení při porušení vzorku F [kN]	Pevnost v tlaku [MPa]
9	49,82	50,56	2518,90	628,90	249,67
10	49,91	50,98	2544,41	645,90	253,85
11	49,79	49,62	2470,58	612,70	248,00
12	50,34	49,62	2497,87	650,90	260,58
13	49,87	49,99	2493,00	614,10	246,33
14	50,80	49,90	2534,92	686,50	270,82
15	49,90	51,02	2545,90	691,00	271,42
16	50,57	49,80	2518,39	677,30	268,94
Průměrná pevnost v tlaku po zmražení					259

9.5 Příloha 5 – Certifikát lomu Chvaletice

V L A S T N O S T I	NAMĚŘENÉ HODNOTY
ODOLNOST VŮČI DRCENÍ - OTLUKY	LA 19,0 %
ODOLNOST VŮČI OHLADITELNOSTI	PSV ₅₂
ODOLNOST VŮČI ZMRAZOVÁNÍ A ROZMRAZOVÁNÍ (TRVANLIVOST)	F 0,7 %
NASAKAVOST	WA ₂₄ ≤ 1,5 %
PEVNOST V TLAKU ZA SUCHA	269 MPa
TVAROVÝ INDEX 1:3 FRAKCE 8/16	SI 18,0
MĚRNA HMOTNOST	2,67 Mg/m ³
OBSAH JEMNÝCH ČÁSTIC 0/4	4,5 %
ZKOUŠKA METHYLENOVOU MODŘÍ	MB 4,5 g/l
ALKALICKO - KŘEMIČITÁ REAKCE DILATOMETRICKÁ ZK. ČSN 72 1179	Stáří zkušebního tělesa 6 měsíců +0,00%
OBSAH CELKOVÉ SIRY	S ₁ 0,020 % hm.
OBSAH SÍRANŮ ROZP. V KYSELINĚ	AS ₀₂ 0,011 % hm.
OBSAH CHLORIDŮ	0,0003 % hm.
UBYTEK ZASADITOSTI	183,3 mmol/l
MOLARNÍ KONCENTRACE SiO ₂	8,3 mmol/l
OBSAH PŘÍRODNÍCH RADIONUKLIDŮ	Vyhovuje
PETROGRAFICKÝ NÁZEV	Žula

Průkazní zkoušky provedl TZÚS Předměřice nad Labem, NO 1020

Zpracoval Menc, pracovník ÚKŘJ Granita s.r.o., březen 2011